



**TUGAS AKHIR – TF 090361**

## **KALIBRASI *FLOW METER* DALAM ALIRAN FLUIDA PADA SISTEM *MANIFOLD***

**MUHAMMAD KHAMIM ASY'ARI**  
NRP. 2411 031 018

**Dosen Pembimbing :**  
Dr. Ir. Ali Musyafa' , M.Sc.

**Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi**  
**Jurusan Teknik Fisika**  
**Fakultas Teknologi Industri**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2014**



**FINAL PROJECT – TF 090361**

## ***CALIBRATION OF FLOW METER IN FLOW RATE MANIFOLD SYSTEM***

MUHAMMAD KHAMIM ASY'ARI  
NRP. 2411 031 018

***Counselor Lecturer***  
Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc.

***Diploma Program of Metrology and Instrumentation  
Department of Engineering Physics  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2014***

# KALIBRASI *FLOW METER* DALAM ALIRAN FLUIDA PADA SISTEM *MANIFOLD*

## TUGAS AKHIR

Oleh :

**MUHAMMAD KHAMIM ASY'ARI**

NRP. 2411 031 018

Surabaya, Juli 2014

Mengetahui / Menyetujui

Ketua Program Studi

D3 Metrologi dan Instrumentasi

Dosen Pembimbing

  
Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc.

NIPN. 19620822 198803 1 001

  
Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc.

NIPN. 19600901 198701 1 001

Ketua Jurusan

Teknik Fisika FTI – ITS

  
Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA.

NIPN. 19650309 199002 1 001

# TUGAS AKHIR

## KALIBRASI *FLOW METER* DALAM ALIRAN FLUIDA PADA SISTEM MANIFOLD

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi  
Jurusan Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**MUHAMMAD KHAMIM ASY'ARI**  
NRP. 2411 031 018

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc.

Pembimbing

2. Dr. Y. Y. Umar, M.T.

Ketua Penguji

3. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA.

Dosen Penguji I

4. Ariul Abdurrahman, S.T., M.T.

Dosen Penguji II

**SURABAYA**  
**JULI, 2014**

## KALIBRASI *FLOW METER* DALAM ALIRAN FLUIDA PADA SISTEM *MANIFOLD*

Nama : Muhammad Khamim Asy'Ari  
NRP : 2411 031 018  
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS Program  
Studi D3 Metrologi dan  
Instrumentasi  
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc.

### Abstrak

Telah dirancang alat eksperimen kalibrasi *flow meter* pada sistem *manifold* yang berfungsi untuk mengetahui nilai ketidakpastian, serta untuk mengetahui pengaruh sistem *manifold* terhadap kalibrasi *flow meter*. Cara kerja sistem alat eksperimen ini yaitu pada kondisi awal ditentukan besar bukaan manual *valve*. Kemudian ditekan *push button* sehingga *solenoid valve* terbuka dan mengalirkan air ke talang air. Selanjutnya air mengalir melalui *flow meter*. Air keluaran *flow meter* akan ditampung dalam gelas ukur, dihitung nilai volumenya, dan digunakan sebagai pembacaan standar. Sedangkan perubahan nilai dari *flow meter* digunakan sebagai pembacaan alat. Dari hasil kalibrasi *flow meter* didapatkan nilai ketidakpastian diperluas terkecil untuk *valve* dengan bukaan  $\frac{1}{4}$  pada *flow meter* B sebesar 0,0111 L, untuk *valve* dengan bukaan  $\frac{1}{2}$  pada *flow meter* B sebesar 0,0978 L, untuk *valve* dengan bukaan  $\frac{3}{4}$  pada *flow meter* D sebesar 0,0741 L, dan untuk *valve* dengan bukaan 1 pada *flow meter* D sebesar 0,1172 L.

Kata kunci : *flow meter*, kalibrasi, ketidakpastian diperluas, sistem *manifold*



## **CALIBRATION OF FLOW METER IN FLOW RATE MANIFOLD SYSTEM**

**Name** : Muhammad Khamim Asy'Ari  
**NRP** : 2411 031 018  
**Department** : Diploma Program of Metrology and  
Instrumentation, Engineering  
Physics FTI-ITS  
**Counselor Lecturer** : Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc.

### **Abstract**

Device experiment calibration of flowmeter in flowrate manifold system has been designed which used to determine the values of the uncertainty and to determine the effect manifold system of calibration flowmeter. Work principle of this experimental device is in the first conditions has been determined the large of valve opening. Then the push button is pressed so the solenoid valve is open and drain the water in to water storage. Then the water drain through the flowmeter. Water flowmeter output will be accomodated in a glass measuremen. Whereas the change value of flowmeter uses as device reading. The result of this flowmeter calibration the values obtained that the minimum expanded uncertainty of valve in  $\frac{1}{4}$  opening in flowmeter B is 0,0111 L, the expanded uncertainty of valve in  $\frac{1}{2}$  opening in flowmeter B is 0,0978 L, the expanded uncertainty of valve in  $\frac{3}{4}$  opening in flowmeter B is 0,0741 L, the expanded uncertainty of valve in 1 opening in flowmeter B is 0,1172 L.

**Keywords:** flow meter, calibration, expanded uncertainty, manifold system

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Wr. Wb.*

*Bismillahirrahmanirrahiim,*

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah *Subhanahuwata'ala* atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “**KALIBRASI FLOW METER DALAM ALIRAN FLUIDA PADA SISTEM MANIFOLD**” dapat terlaksana sampai akhirnya laporan tugas akhir ini dapat penulis susun hingga selesai.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak, diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Allah *Subhanahuwata'ala* yang telah membimbing dan memberikan kemudahan serta kemampuan untuk mengerjakan tugas akhir ini.
2. Orang tua tercinta (Ayahanda Syaiful Bachri dan Ibunda Erna Farida) berserta saudara (Dwi Nur Aini) yang mendukung dalam pekerjaan tugas akhir ini.
3. Ketua Jurusan Teknik Fisika FTI ITS, Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA.
4. Ir. Tutug Dhanardono, M.T. selaku dosen wali yang selalu memberikan nasihat dan bimbingan selama penulis kuliah.
5. Ketua Laboratorium Pengukuran Fisis, Lizda Johar Mawarani, S.T.,M.T.
6. Bapak Dr. Ir. Ali Musyafa', MSc. Selaku pembimbing pada pengerjaan tugas akhir ini.
7. Seluruh mahasiswa Laboratorium Pengukuran Fisis Teknik Fisika FTI ITS yang telah bersedia meminjamkan berbagai peralatan.
8. Teman-Teman DIII Metrologi dan Instrumentasi angkatan 2011 atas kebersamaannya khususnya TA-wan/-wati (D. Sari, N. Maulidha, W.F. Alfiah, S.A. Kusumaningtyas, H.E. Santoso, E.N. Rahman, B.I.H. Putro, M.A. Adhim, R.A. Putra, I. Prasetyo, A.A. Firman,

E.T. Yudha) yang telah bersama-sama berjuang menuju TW 110 ITS.

9. O. S. Pratama dan B. Ulum yang telah bersedia memberikan pengetahuan tentang pembuatan rangkaian elektronik.
10. Hendra Dwi Septiawan yang telah bersedia membantu dalam pengambilan data kalibrasi.
11. Winda Ayu Prameswari yang telah bersedia membantu penulis dalam membuat gambar desain alat eksperimen kalibrasi.

Dalam pengerjaan tugas akhir ini penulis menyadari bahwa terdapat banyak ketidaksempurnaan, sehingga penulis memohon maaf berserta kritik dan saran apabila terdapat ketidaksempurnaan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.

Surabaya, Juli 2014

Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	1
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat	2
<b>BAB II TEORI PENUNJANG</b>	
2.1 <i>Flow Meter</i>	3
2.2 Instalasi <i>Flow Meter</i>	4
2.3 Teori Kalibrasi	5
2.4 Bagian-Bagian Alat Eksperimen Kalibrasi <i>Flow Meter</i>	11
<b>BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM</b>	
3.1 Studi Literatur	20
3.2 Perancangan Sistem dan Pembuatan Alat Eksperimen	20
3.3 Pengujian Alat Eksperimen	24
3.4 Pengambilan Data Kalibrasi	25
3.5 Analisis Data dan Pembahasan	34
<b>BAB IV HASIL RANCANG BANGUN ALAT DAN KALIBRASI FLOW METER</b>	

## **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan

37

5.2 Rekomendasi

38

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN A**

**LAMPIRAN B**

**LAMPIRAN C**

**LAMPIRAN D**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komponen dasar meter air	4
Gambar 2.2 Instalasi flow meter pada pipa lurus dengan berbagai variasi	4
Gambar 2.3 Instalasi flow meter pada pipa lurus sesuai standar	5
Gambar 2.4 Bagan sumber-sumber ketidakpastian	6
Gambar 2.5 Bentuk fisik sensor PING	11
Gambar 2.6 Ilustrasi cara kerja sensor PING	12
Gambar 2.7 Bentuk fisik arduino uno	13
Gambar 2.8 Bentuk fisik pompa akuarium	13
Gambar 2.9 Bentuk fisik ember sebagai tangki terbuka	14
Gambar 2.10 Bentuk fisik mini push button 5 pk	14
Gambar 2.11 Bentuk fisik solenoid valve	15
Gambar 2.12 Bagian-bagian solenoid valve	16
Gambar 2.13 Bentuk fisik talang air kotak	17
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	19
Gambar 3.2 Rangkaian sensor PING dan <i>driver</i> relay	21
Gambar 3.3 Rangkaian <i>push button</i> dan <i>driver</i> relay	21
Gambar 3.4 Desain rancang bangun mekanik alat eksperimen kalibrasi <i>flow meter</i> tampak atas (a) dan tampak depan (b)	23
Gambar 3.5 Instalasi <i>flow meter</i> pada rancang bangun mekanik alat eksperimen kalibrasi <i>flow meter</i>	24
Gambar 4.1 Hasil rancang bangun mekanik alat eksperimen kalibrasi <i>flow meter</i> , peletakan PING sebagai sensor level (a)	37
Gambar 4.2 Rangkaian elektrik yang telah dibuat, rangkaian sensor push button (a), mikrokontroler <i>arduino uno</i> (b), rangkaian <i>driver relay</i> (c)	38
Gambar 4.3 Instalasi <i>flow meter</i> pada sistem <i>manifold</i> beserta kodenya	38
Gambar 4.4 Tampilan <i>flow meter</i> beserta kodenya	39

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Keterangan gambar 3.2	24
Tabel 3.2 Prosedur pemeriksaan skala	25
Tabel 3.3 Prosedur pembacaan berulang	28
Tabel 3.4 Prosedur ketidakpastian kalibrasi	32
Tabel 4.1 Nilai standar deviasi dan nilai ketidakpastian dari <i>flow meter</i>	40
Tabel 4.2 Persamaan Regresi dari <i>flow meter</i>	41
Tabel 4.3 Nilai ketidakpastian kombinasi, derajat kebebasan, faktor cakupan, dan ketidakpastian diperluas dari <i>flow meter</i>	43



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang penyediaan air minum. PDAM akan mendistribusikan air tersebut ke rumah-rumah (pelanggan). Di dalam pendistribusiannya, dari sumber air ke pelanggan terdapat sistem percabangan pipa atau biasa disebut dengan sistem *manifold*. Sistem *manifold* merupakan sebuah sistem yang berfungsi membagi aliran fluida menjadi bercabang. Adanya percabangan pada aliran fluida ini, akan menyebabkan terganggunya aliran karena akan terjadi separasi yang menyebabkan kerugian dari tekanan total (Dwiyantoro, 2004). Kerugian ini disebabkan adanya tegangan geser pada luas penampang.

Dalam sistem *manifold*, terdapat banyak alat ukur laju aliran (*flow meter*) yang digunakan untuk menghitung dan mengukur laju aliran yang melewati masing-masing percabangan pipa tersebut. Terdapatnya separasi pada percabangan pipa, pasti akan berdampak pada akurasi pembacaan alat ukur. Keakuratan pembacaan alat ukur dapat ditentukan dari nilai ketidakpastian alat ukur (*uncertainty*). Nilai ketidakpastian alat ukur tersebut diperoleh melalui kegiatan kalibrasi. Kalibrasi merupakan serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen ukur atau sistem pengukuran, atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu (ISO/IEC Guide 17025:2005). Oleh karena itu diperlukan perancangan suatu sistem alat eksperimen kalibrasi *flow meter* dalam sistem *manifold*.

### 1.2 Permasalahan

Permasalahan dalam tugas akhir ini adalah

- bagaimana merancang dan membuat alat eksperimen kalibrasi *flow meter* dalam sistem *manifold* ?

- berapa nilai ketidakpastian dari hasil kalibrasi *flow meter* ?

- bagaimana pengaruh sistem *manifold* terhadap kalibrasi *flow meter* ?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah

- merancang dan membuat alat eksperimen kalibrasi *flow meter* dalam sistem *manifold*.
- mengetahui nilai ketidakpastian dari hasil kalibrasi *flow meter*.
- mengetahui pengaruh sistem *manifold* terhadap kalibrasi *flow meter*.

### 1.4 Batasan Masalah

Pengerjaan tugas akhir ini memerlukan beberapa batasan masalah untuk lebih memfokuskan penyelesaian permasalahan, batasan masalah tersebut adalah sebagai berikut

- sensor *level* yang digunakan adalah sensor PING dengan menggunakan prinsip gelombang ultrasonik.
- *flow meter* yang digunakan dalam eksperimen ini adalah jenis meter air.
- jumlah *flow meter* yang digunakan sebanyak empat buah.
- analisa ketidakpastian menggunakan analisa *type A* dan analisa *type B*.
- media fluida yang digunakan adalah air.

### 1.5 Manfaat

Manfaat yang didapatkan pada penyelesaian tugas akhir ini adalah sebagai salah satu alat penunjang penelitian kalibrasi *flow meter* pada laboratorium Pengukuran Fisis Jurusan Teknik Fisika ITS.

## **BAB II**

### **TEORI PENUNJANG**

#### **2.1 *Flow Meter***

*Flow meter* merupakan alat ukur laju aliran fluida. Terdapat berbagai macam jenis *flow meter*, salah satunya adalah meter air. Meter air merupakan alat untuk mengukur banyaknya aliran air secara terus menerus melalui sistem kerja peralatan yang dilengkapi dengan unit sensor, unit penghitung, dan unit indikator pengukur untuk menyatakan volume air yang lewat. Sedangkan badan meter air merupakan bagian utama yang ditengahnya merupakan ruang untuk menempatkan alat hitung dan mempunyai saluran masuk dan saluran keluar pada sisi yang berlawanan. (SNI 2547:2008).

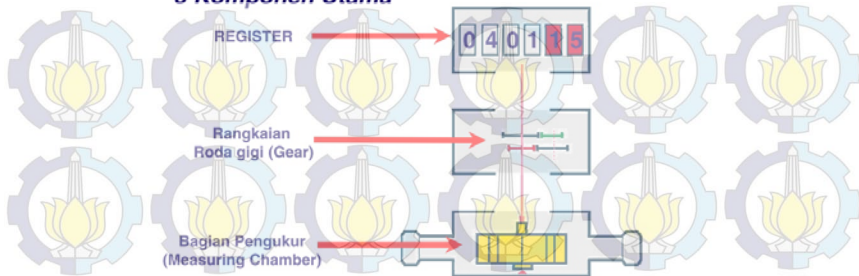
Terdapat berbagai macam fungsi meter air, yaitu memastikan kepada pelanggan mengenai biaya yang dikenakan sesuai dengan proporsi air yang dikonsumsi, sistem untuk menunjukkan proses akuntabilitas, meter air bersifat adil pada setiap pelanggan karena mampu merekam setiap penggunaan air tertentu, meter air mampu mendorong pelanggan untuk melakukan penghematan air terutama jika dibandingkan dengan tingkat tarif, sistem utilitas yang mampu memantau volume air yang keluar, serta meter air membantu dalam deteksi kebocoran dan pipa yang patah dalam distribusi air minum (Zane, 2004).

Komponen dasar meter air terdiri dari register, rangkaian roda gigi (*gear*), dan bagian pengukur (*measuring chamber*). Register berfungsi sebagai penyaji data pengukuran laju aliran (debit) yang melewati meter air. Tampilan meter air disajikan dalam bentuk analog. Rangkaian roda gigi berfungsi untuk mengerjakan angka-angka pada register saat rangkaian bergerak. Bagian pengukur merupakan bagian yang terdapat sensor ukur berupa turbin. Ketiga bagian tersebut dihubungkan. Ketika terdapat aliran air masuk ke meter air, maka sensor turbin akan bergerak bersamaan dengan rangkaian roda gigi (*gear*). Rangkaian roda gigi tersebut akan mengerjakan angka-angka atau jarum penunjuk pada register.



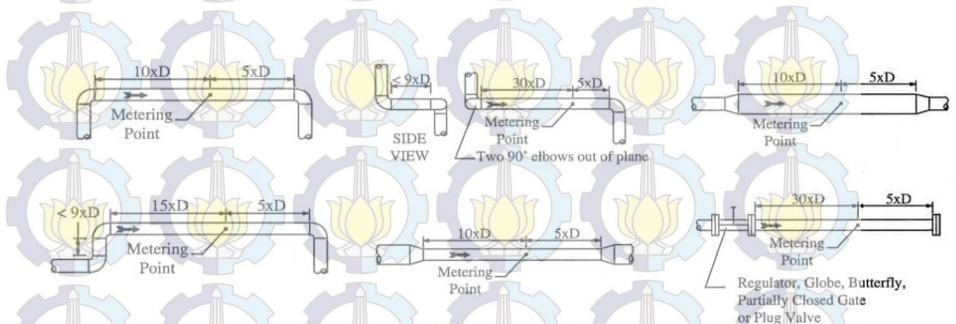
### Komponen Dasar Meter Air

#### 3 Komponen Utama



**Gambar 2.1** Komponen dasar meter air (Adin, 2011)

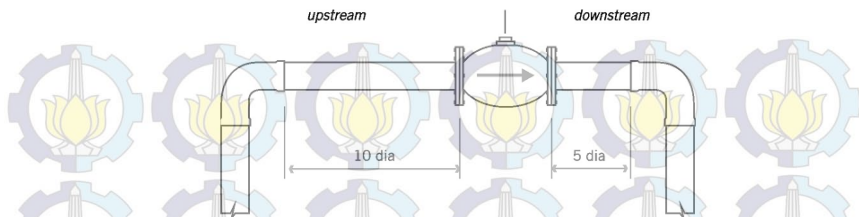
### 2.2 Instalasi *Flow Meter*



**Gambar 2.2** Instalasi *flow meter* pada pipa lurus dengan berbagai variasi (Schmitt, 1987)

Sesuai dengan persyaratan instalasi, panjang minimal pipa sepuluh (10) kali diameter lurus pipa untuk pipa aliran *upstream* (aliran sebelum masuk *flow meter*) dan minimal lima (5) kali diameter lurus pipa untuk pipa aliran *downstream* (aliran setelah masuk *flow meter*).





**Gambar 2.3** Instalasi *flow meter* pada pipa lurus sesuai standar (Ferguson, 2010)

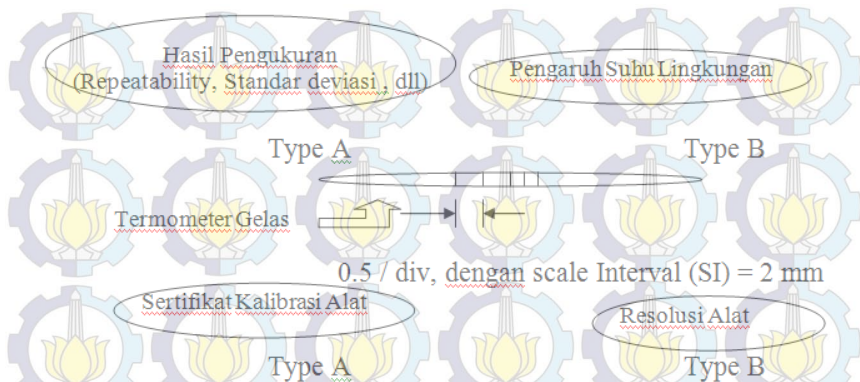
## 2.3 Teori Kalibrasi

Kalibrasi merupakan serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen ukur atau sistem pengukuran, atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu (ISO/IEC Guide 17025:2005). Dengan kata lain, kalibrasi adalah kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukkan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukur yang mamputelusur (*traceable*) ke standar nasional untuk satuan ukuran dan atau internasional.

Kalibrasi bertujuan untuk mencapai ketertelusuran pengukuran. Hasil pengukuran dapat dikaitkan/ditelusur sampai ke standar yang lebih tinggi/teliti (standar primer nasional dan atau internasional), melalui rangkaian perbandingan yang tak terputus. Selain itu, kalibrasi juga memiliki tujuan lain, yaitu untuk mendukung sistem mutu yang diterapkan di berbagai industri pada peralatan laboratorium dan produksi yang dimiliki dan dapat diketahui seberapa jauh perbedaan (penyimpangan) antara harga benar dengan harga yang ditunjukkan oleh alat ukur (UPT Balai Pengembangan Instrumentasi, 2009).

### 2.3.1 Teori Ketidakpastian

Sumber-sumber ketidakpastian yang turut memberikan kontribusi selain ada pada diri manusia sendiri sebagai pelaku pengukuran/kalibrasi juga pada alat-alat bantu (kalibrator) yang digunakan, juga resolusi alatnya serta pengaruh suhu lingkungan.



**Gambar 2.4** Bagan sumber-sumber ketidakpastian (Anonim, -)

Untuk mengevaluasi masing-masing sumber ketidakpastian tersebut, diperlukan analisa dengan menggunakan metoda statistik, yang disebut analisa *type A*, dan menggunakan selain metode statistik yang disebut dengan Analisa *type B*. untuk lebih jelasnya dapat dilihat sebagai berikut:

a. Analisa *Type A*, ( $U_A$ )

Pada tipe ini biasanya ditandai dengan adanya data pengukuran, misalnya  $n$  kali pengukuran, maka selanjutnya dari data tersebut, akan ditemukan nilai rata-ratanya, standar deviasinya, dan atau *repeatability*-nya. Bentuk kurva dari tipe ini adalah sebaran Gauss. Rumus umum ketidakpatian untuk tipe A ini adalah:

$$U_{AI} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan :

$\sigma$  = standar deviasi

Contoh :

Untuk 10 kali pengambilan data ( $n = 10$ )

Rata – rata =  $39,45^{\circ}\text{C}$

Standar deviasi =  $0,07071^{\circ}\text{C}$

$$\text{Ketidakpastian, } U_{A1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\text{Ketidakpastian, } U_{A1} = \frac{0,07071}{\sqrt{10}}$$

$$\text{Ketidakpastian, } U_{A1} = 0,0224$$

$$\text{Derajat kebebasan, } V = n-1 \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\text{Derajat kebebasan, } V = 10-1$$

$$\text{Derajat kebebasan, } V = 9$$

b. Analisa type B, ( $U_B$ )

Pada analisa tipe ini akan digunakan selain metode statistik, sehingga dari contoh diatas :

1. Sertivikat kalibrasi dari termometer gelas: misalnya  $0,1^{\circ}\text{C}$ ,

Nilai ini sudah merupakan hasil dari ketidakpastian diperluas  $U_{95}$ , karenanya harus dicari terlebih dahulu ketidakpastian kombinasinya  $U_C$ , (sebagai ketidakpastian individual) yaitu dengan membagi ketidakpastian tersebut dengan faktor cakupan (k). jika tidak ada pernyataan apapun maka dalam setiap laporan kalibrasi dianggap  $k = 2$ , untuk tingkat kepercayaan 95%.

Namun jika kita menginginkan nilai k yang lebih optimis maka harus dicari terlebih dahulu nilai derajat kebebasannya, v, yang selanjutnya akan ditemukan nilai k. dalam pencarian nilai v, terlebih dahulu harus ditemukan nilai *reliability*-nya (R) dari laboratorium pemberi sertifikat termometer gelas tersebut, misalnya kita perkirakan dengan nilai  $R = 10\%$ . Maka didapat:

$$V = \frac{1}{2} \left( \frac{100}{R} \right)^2 \dots\dots\dots (2.3)$$



$$V = \frac{1}{2} \left( \frac{100}{10} \right)^2$$

$$V = 50$$

pada tabel T-distribution didapat  $k = 2,01$ , maka nilai yang tepat untuk ketidakpastian kombinasi tersebut adalah :

$$U_{BI} = \frac{U_{exp}}{k} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$U_{BI} = \frac{0,1}{2,01}$$

$$U_{BI} = 0,0498 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2. Untuk resolusi alat dibedakan atas Alat digital dan Analog.

Jika Alat digital : Ketidakpastian (U)

$$: U = \frac{\frac{1}{2} \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} \dots \dots \dots (2.5)$$

untuk Alat analog : Ketidakpastian (U)

$$: U = \frac{\text{Readability}}{2} \dots \dots \dots (2.6)$$

Jika pada ilustrasi tersebut alat yang digunakan adalah termometer digital dengan resolusi  $0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ , maka:

$$U_{BI} = \frac{\frac{1}{2} (0,1)}{\sqrt{3}}$$

$$U_{BI} = 0,0298 \text{ } ^\circ\text{C}$$

c. Ketidakpastian Kombinasi,  $U_C$

Selanjutnya dari semua sumber ketidakpastian tersebut harus dikombinasikan atau digabungkan untuk memberikan gambaran menyeluruh ketidakpastian dari hasil kalibrasi tersebut. Rumus umum ketidakpastian kombinasi adalah:



$$U_c = \sqrt{\sum (U_a)^2 + \sum (U_B)^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

Atau secara umum :

$$U_c^2 = \sum (C_i \cdot U_i)^2 \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan  $C_i$  = koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke- $i$

Pada contoh diatas, karena pengukuran suhu hanya merupakan hasil pembacaan dari suhu yang terlihat dari termometer gelas kemudian hasilnya dikoreksi dengan nilai yang tercantum dalam sertivikat kalibrasinya, maka nilai ketidakpastian kombinasi sebesar :

$$\begin{aligned} U_c &= [\sum (C_i \cdot U_i)]^{1/2} \\ U_c &= [(1.(0,0224))^2 + (1.(0,0498))^2 + (1.(0,0289))^2 + (1.(0,058))^2]^{1/2} \\ &= 0,085^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Dengan koefisien sensitifitas masing-masing sebesar 1

d. Ketidakpastian diperluas

Dalam pelaporan ketidakpastian hasil pengukuran/kalibrasi yang dilaporkan adalah ketidakpastian yang sudah dalam perluasan (*expanded*), sehingga hasil tersebut sangat logis dalam kenyataan, selain itu dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95 %, seperti lazimnya dipakai dalam pelaporan-pelaporan saat ini, lain halnya jika ada pengecualian dengan mengambil tingkat kepercayaan tertentu. Rumus ketidakpastian diperluas (*expanded uncertainty*) adalah:

$$U_{95} = k U_c \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan:

$U_{95}$  : ketidakpastian diperluas (*expanded uncertainty*)

$k$  : faktor cakupan (*coverage factor*)

$U_c$  : ketidakpastian kombinasi (*combined uncertainty*)

e. Derajat Kebebasan, V

Derajat kebebasan efektif dicari dengan dua cara, yaitu:

1. Jika data dipeoleh dari pengukuran berulang sebanyak n kali, maka derajat kebebasan adalah:

$$V = n - 1 \dots\dots\dots (2.2)$$

Pada contoh diatas didapat 10 kali pengulangan pengukuran.

Maka :

$$V = n - 1$$

$$V = 10 - 1$$

$$V = 9$$

2. Jika data merupakan hasil perkiraan atau estimasi dengan *reliability* (R), maka:

$$V = \frac{1}{2} \left( \frac{100}{R} \right)^2 \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan :

R dalam satuan persen (%)

f. Derajat kebebasan efektif,  $V_{\text{eff}}$

Nilai faktor cakupan, k untuk perkalian ketidakpastian diperluas diatas didapat dari derajat kebebasan efektif,  $V_{\text{eff}}$ , dengan rumus:

$$V_{\text{eff}} = \frac{(C_i \cdot U_c)^4}{\sum \frac{(C_i \cdot U_i)^4}{V_i}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan :

$C_i$  : koefisien Sensitifitas pada Ketidakpastian Ke-i

$U_c$  : ketidakpastian kombinasi / gabungan

$U_i$  : ketidakpastian individual ke-i

$V_i$  : derajat kebebasan pada ketidakpastian individual ke-i

g. Tingkat kepercayaan,  $U_{95}$

Tingkat kepercayaan merupakan tingkatan keyakinan akan keberadaan nilai sebenarnya pada suatu tindak pengukuran dengan menggunakan alat tertentu.

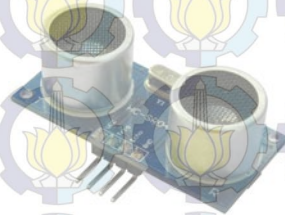
h. Faktor cakupan,  $k$

Faktor cakupan merupakan faktor pengali pada ketidakpastian, sehingga membentuk cakupan logis pada penggunaan keseharian. Faktor cakupan dicari menggunakan tabel *T-Student Distribution*.

## 2.4 Bagian-Bagian Alat Eksperimen Kalibrasi *Flow Meter*

### 2.4.1 Sensor PING

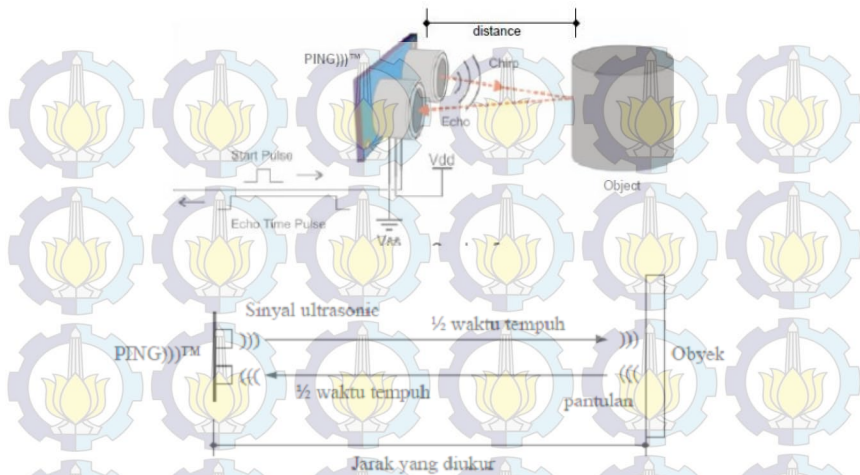
Sensor PING merupakan salah satu sensor pengukur jarak sebuah objek dengan memanfaatkan prinsip pantulan gelombang ultrasonik (40 KHz) selama  $200\mu\text{s}$  (Budiharto, 2008).



**Gambar 2.5** Bentuk fisik sensor PING

Cara kerja sensor PING adalah ketika pin *trigger* aktif (pulsa *high*), akan memancarkan gelombang ultrasonik. selama  $200\mu\text{s}$ . Gelombang ini akan merambat di udara dengan kecepatan  $344.424\text{ m/detik}$  (atau  $1\text{ cm}$  setiap  $29.034\mu\text{s}$ ). Gelombang tersebut akan mengenai objek, kemudian memantul kembali ke sensor PING. Selama menunggu pantulan, sensor PING akan menghasilkan sebuah pulsa. Pulsa ini akan berhenti (*low*) ketika gelombang pantulan terdeteksi oleh sensor PING. Oleh karena itu, lebar pulsa tersebut dapat merepresentasikan jarak antara sensor PING dengan objek yang terukur.





**Gambar 2.6** Ilustrasi cara kerja sensor PING (Pratama, 2012)

Dengan menggunakan mikrokontroler, dapat mengkonversi nilai lebar pulsa tersebut menjadi jarak terukur melalui perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Jarak (dalam cm)} = \left( \frac{\text{Lebar Pulsa}}{29,034 \mu\text{s}} \right) \times \frac{1}{2} \quad (2.11)$$

Sensor PING memiliki empat jalur pin yaitu jalur VCC 5 VDC, jalur *trigger*, jalur *echo*, dan jalur *ground*. Spesifikasi sensor Ping adalah sebagai berikut:

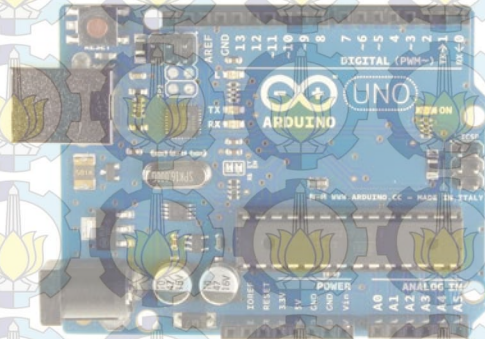
- Kisaran pengukuran 3cm – 3m
- Input *trigger-positive TTL pulse*, minimal 2  $\mu\text{s}$ , tipikal 5 $\mu\text{s}$
- Echo hold off* 750  $\mu\text{s}$  dari *fall of trigger pulse*
- Waktu tunda untuk pengukuran selanjutnya 200  $\mu\text{s}$
- Indikator LED untuk aktifitas sensor.

#### 2.4.2 Arduino Uno

*Arduino Uno* adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega328. *Arduino Uno* memiliki 14 pin *input* dan *output*



digital dengan sebanyak enam pin *input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM (*Pulse Width Modulation*) dan 6 pin *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan *board* *Arduino Uno* ke komputer dengan menggunakan kabel USB dan AC adaptor sebagai suplai atau baterai untuk menjalankannya (Guntoro, 2013).



**Gambar 2.7** Bentuk fisik *arduino uno*

#### 2.4.3 Pompa

Pompa merupakan suatu mesin yang berfungsi untuk menaikkan cairan dari permukaan yang rendah ke permukaan yang lebih tinggi atau memindahkan cairan dari tempat yang bertekanan rendah ke tempat yang bertekanan lebih tinggi. Pompa di dalam kerjanya akan mentransfer energi mekanis dari suatu sumber energi luar ke cairan yang melaluinya.

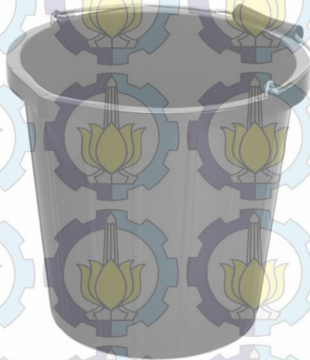


**Gambar 2.8** Bentuk fisik pompa akuarium

Di dalam suatu sistem pengendalian, pompa digunakan sebagai aktuator atau unit yang dapat dimanipulasi (diubah) bergantung sinyal kontrol yang diberikan. Bentuk sinyal manipulasi dari pompa berupa sinyal *on/off* dari kerja pompa.

#### 2.4.4 Tangki Terbuka

Tangki terbuka merupakan sebuah wadah yang digunakan untuk menampung fluida cair.



**Gambar 2.9** Bentuk fisik ember sebagai tangki terbuka

#### 2.4.5 *Push Button*

*Push button* merupakan salah satu jenis saklar yang sering digunakan dalam sistem pengendalian. *Push button* akan bekerja apabila terdapat tekanan pada tombol sehingga akan memutus (apabila *push button* berjenis *Normally Close*) atau menghubungkan (apabila *push button* berjenis *Normally Open*). Kontak akan kembali ke posisi semula saat tekanan pada *push button* dilepas. Hal ini dikarenakan terdapat tekanan pegas pada *push button*. (Maryono,-)



**Gambar 2.10** Bentuk fisik *mini push button* 5 pk

#### Spesifikasi Mini Push Button 5 pk

- Kualitas tinggi jenis Omron B3F pada saklar
- Dapat digunakan secara baik sebagai tombol reset
- Kelas operasi : DC 12V 50mA
- Jangkauan suhu : -25 to 70°C

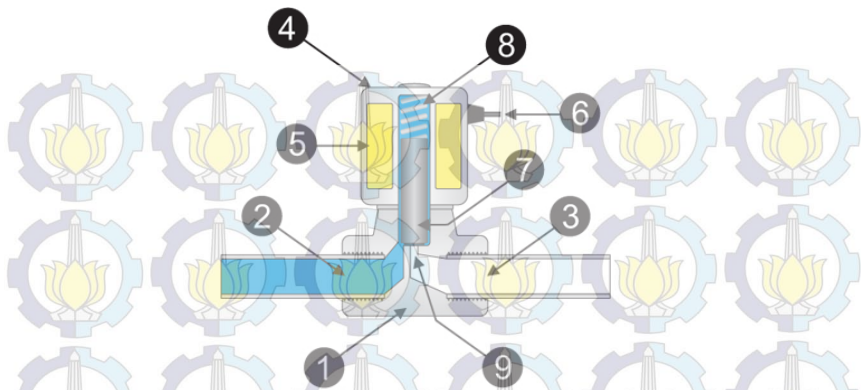
#### 2.4.6 Solenoid Valve



**Gambar 2.11** Bentuk fisik *solenoid valve*

*Solenoid valve* adalah sebuah katup yang berfungsi mengendalikan laju aliran (*flow rate*) secara otomatis. *Solenoid valve* mempunyai beberapa bagian yaitu, saluran masukan (*inlet port*) yang berfungsi sebagai tempat fluida masuk, saluran keluaran (*outlet port*) berfungsi sebagai tempat keluarnya fluida, dan saluran *exhaust* yang berfungsi sebagai tempat untuk mengeluarkan fluida yang terjebak saat piston bergerak atau pindah posisi ketika *solenoid valve* bekerja (Sanjaya, 2011).





**Gambar 2.12** Bagian-bagian *solenoid valve*

Keterangan Gambar :

**No Keterangan**

- 1 Valve Body
- 2 Saluran masukan (*Inlet Port*)
- 3 Saluran keluaran (*Outlet Port*)
- 4 Koil-koil solenoid
- 5 Kumputan gulungan
- 6 Kabel suplai tegangan
- 7 *Plunger*
- 8 *Spring*
- 9 Lubang / *exhaust*

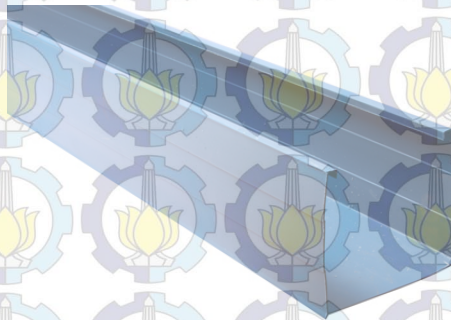
*Solenoid valve* akan bekerja (katup terbuka) saat diberikan tegangan sebesar 220 VAC. Prinsip kerja dari *solenoid valve* berdasarkan hukum Lorentz. Di dalam *solenoid valve*, terdapat kawat yang melingkar pada inti besi. Ketika arus listrik mengalir melalui kawat ini, maka terjadi medan magnet sehingga menghasilkan energi yang akan menarik inti besi ke dalam sehingga katup *solenoid valve* terbuka. Pada sistem pengendalian, *solenoid valve* berfungsi sebagai aktuator yang terbuka atau



tertutupnya katup dikontrol (dimanipulasi) oleh sinyal kontrol yang diberikan.

#### 2.4.7 Talang Air

Talang air merupakan sebuah wadah yang berfungsi untuk menampung dan mengarahkan air ke tempat pembuangan. Talang air biasanya dipasang pada tepian atap genting. Hal ini ditujukan untuk menampung dan mengalirkan air hujan yang mengalir dari genting untuk diteruskan ke tempat pembuangan.



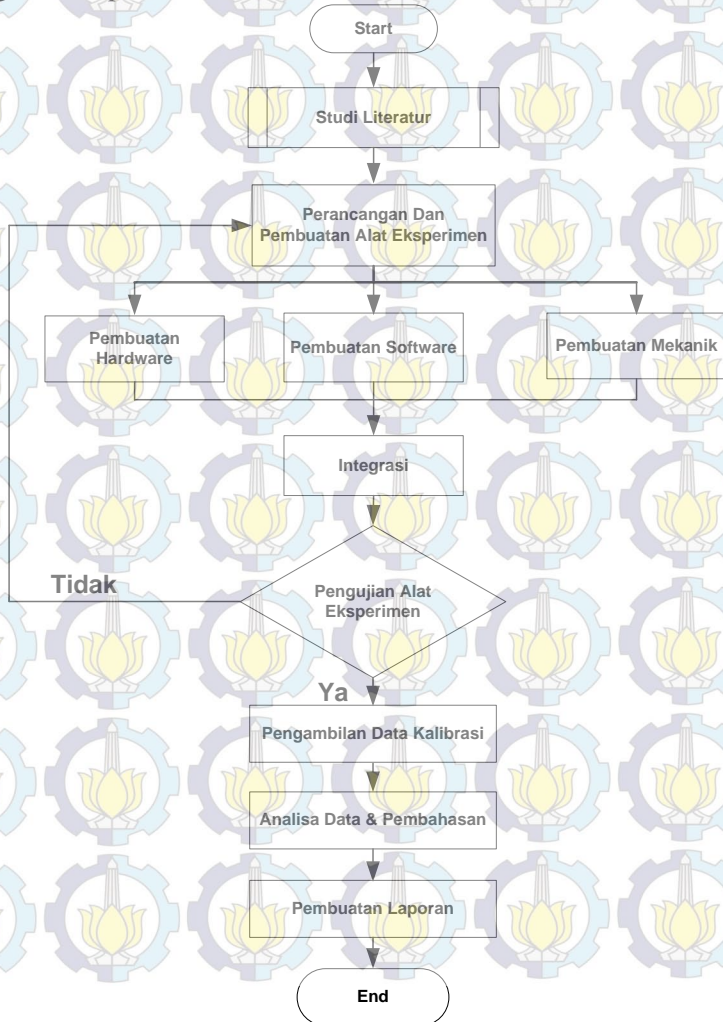
**Gambar 2.13** Bentuk fisik talang air kotak



### BAB III

## PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM

Langkah-langkah dalam tugas akhir ini digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.1



**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian

### 3.1 Studi Literatur

Dalam pembuatan alat eksperimen kalibrasi *flow meter*, diawali dengan melakukan studi literatur mengenai perancangan alat eksperimen dan teori kalibrasi agar didapatkan pemahaman terhadap materi yang menunjang tugas akhir. Sumber literatur didapatkan dari buku-buku pendukung, *website*, dan jurnal ilmiah sebagai media informasi penunjang tugas akhir.

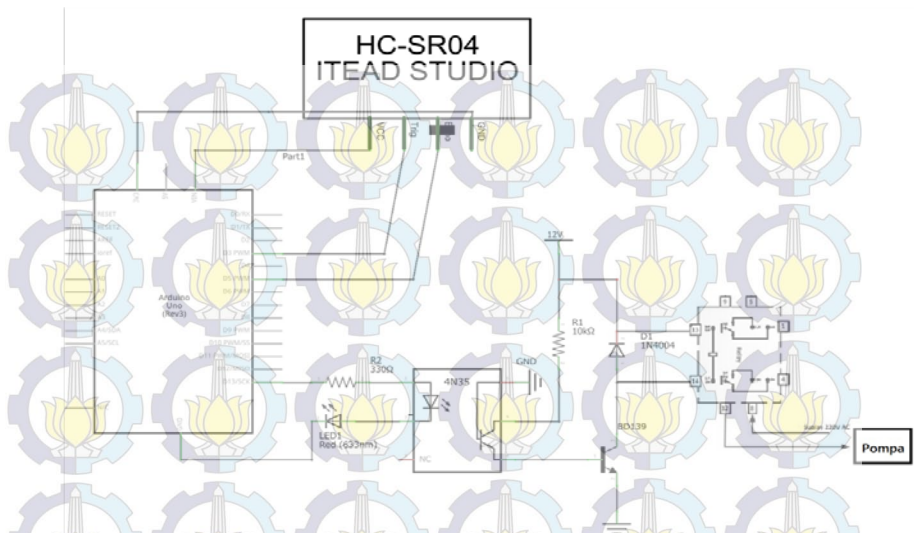
### 3.2 Perancangan Sistem dan Pembuatan Alat Eksperimen

Perancangan sistem dan pembuatan alat eksperimen kalibrasi *flow meter* terdiri dari pembuatan *hardware*, pembuatan *software*, serta pembuatan mekanik alat eksperimen kalibrasi. *Hardware* dan *software* yang telah dibuat kemudian diintegrasikan melalui mikrokontroler. Selanjutnya diintegrasikan dengan mekanik alat eksperimen kalibrasi *flow meter* agar dapat bekerja.

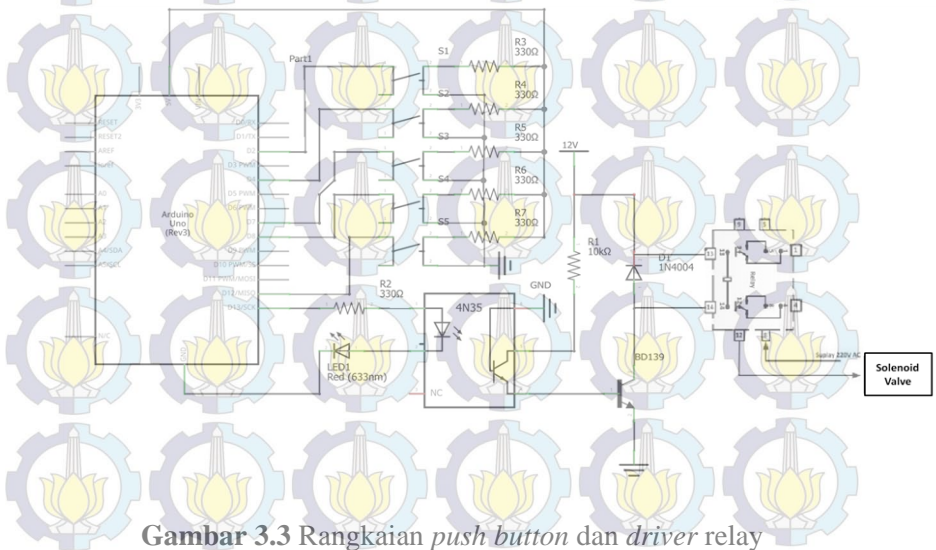
#### 3.2.1 Pembuatan *Hardware*

Pada pembuatan *hardware* dimulai dari mengintegrasikan sensor PING dan rangkaian *push button* ke *arduino uno* yang berfungsi sebagai kontroler. Kemudian keluaran (*output*) *arduino uno* akan diteruskan ke rangkaian *driver relay*. Rangkaian *driver relay* berfungsi untuk menaikan tegangan dari keluaran (*output*) *arduino uno* sebesar 5 V DC menjadi 12 V DC dengan menggunakan *optocoupler*. Penggunaan relay sendiri dikarenakan pompa dan *solenoid valve* membutuhkan suplai tegangan listrik sebesar 220 VAC. Untuk mengaktifkan relay sendiri dibutuhkan suplai tegangan DC sebesar 12 V.





**Gambar 3.2** Rangkaian sensor PING dan *driver* relay



**Gambar 3.3** Rangkaian *push button* dan *driver* relay

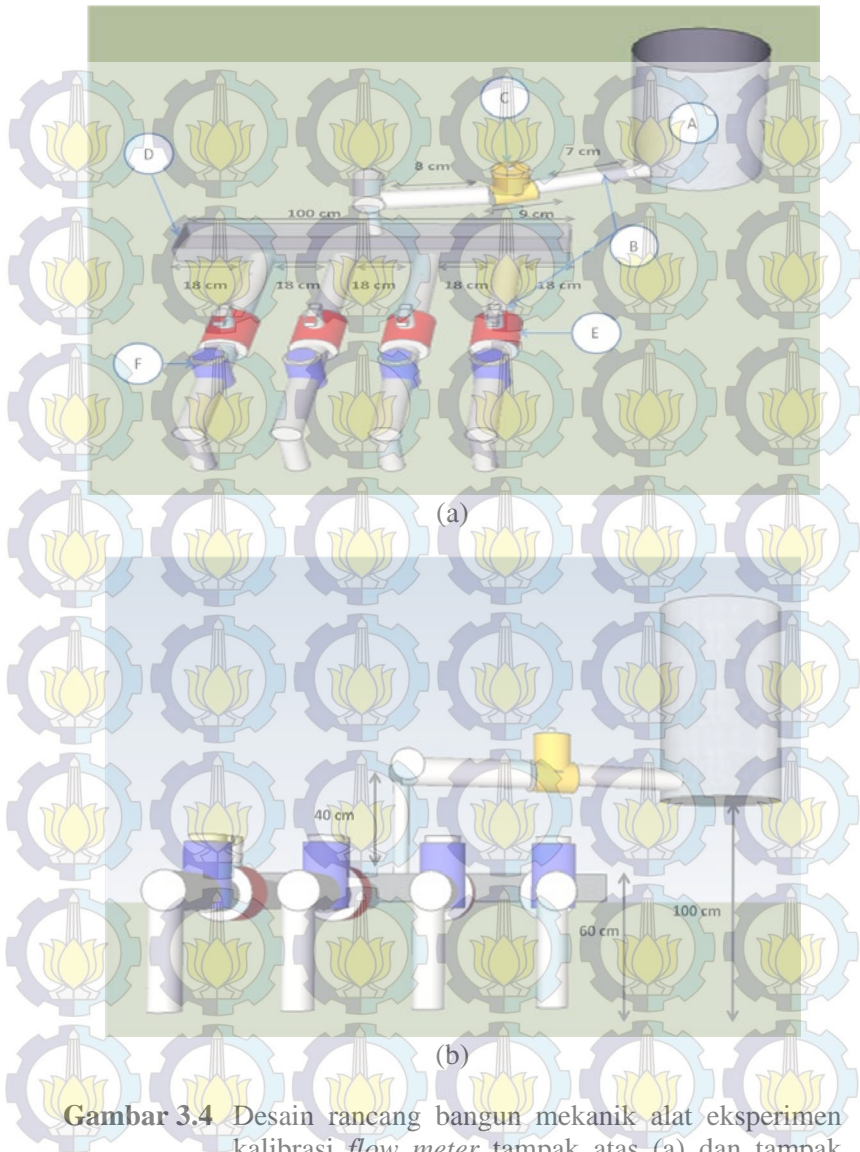
### 3.2.2 Pembuatan *Software*

Di dalam mengendalikan level air pada tangki, *arduino uno* berfungsi mengaktifkan atau mematikan pompa saat tinggi air (level) dalam tangki terbuka telah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Persyaratan tersebut adalah, pompa akan aktif (kondisi *on*) saat ketinggian level air dalam tangki terbuka sama dengan atau lebih dari 15 cm (pembacaan oleh sensor PING) dan pompa akan mati (kondisi *off*) saat ketinggian level air dalam tangki terbuka kurang dari 15 cm.

Untuk mengendalikan laju aliran, *arduino uno* berfungsi mengatur lamanya waktu *solenoid valve* terbuka (waktu aktif) berdasarkan masukan (*input*) dari sensor *push button*. Logika pemrograman yang digunakan adalah ketika *push button* ditekan, maka akan mengaktifkan *solenoid valve* (terbuka) selama waktu yang telah ditentukan. Terdapat lima buah *push button* yang telah diprogram dengan waktu aktif berbeda-beda berdasarkan range waktu pengukuran. Range waktu pengukuran tersebut dimulai dari 10 detik (untuk *push button* 1), 15 detik (untuk *push button* 2), 20 detik (untuk *push button* 3), dan seterusnya dengan kelipatan 5 detik.

### 3.2.3 Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik meliputi pembuatan sistem *mainfold* serta pemasangan *flow meter* dan *manual valve* pada setiap percabangan.

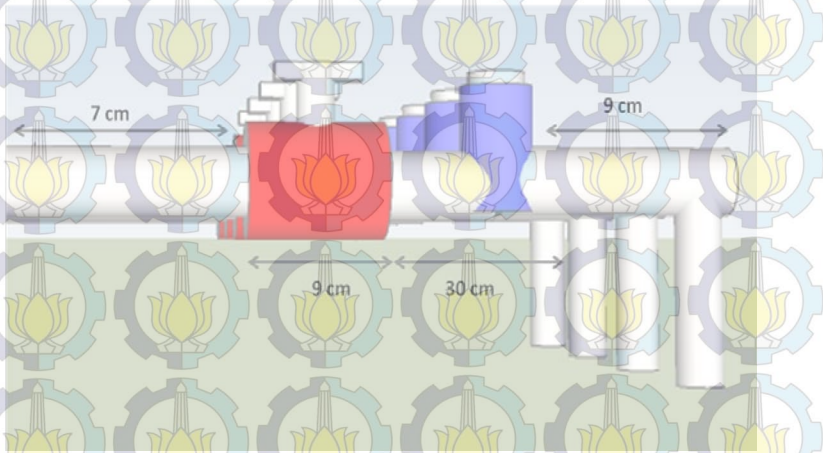


**Gambar 3.4** Desain rancang bangun mekanik alat eksperimen kalibrasi *flow meter* tampak atas (a) dan tampak depan (b)

**Tabel 3.1** Keterangan gambar 3.2

Kode	Keterangan	Spesifikasi
A	Tangki air	-
B	Pipa paralon	Diameter ½ inci
C	<i>Solenoid valve</i>	Diameter ½ inci
D	Talang air	Panjang 1 meter
E	<i>Manual valve</i>	Diameter ½ inci
F	Meter air	Diameter ½ inci

Pemasangan *flow meter* pada pipa lurus terlebih dulu dilakukan dengan menentukan panjang pipa yang digunakan untuk aliran *upstream* dan *downstream*. Untuk aliran *upstream* menggunakan pipa dengan panjang 23 cm sedangkan untuk aliran *downstream* menggunakan pipa dengan panjang 9 cm.



**Gambar 3.5** Instalasi *flow meter* pada rancang bangun mekanik alat eksperimen kalibrasi *flow meter*

### 3.3 Pengujian Alat Eksperimen

Sistem pengendalian level dan laju aliran terlebih dulu dirangkai dengan rangkaian mekanik. Kemudian dilakukan dilakukan percobaan sederhana. Pada sistem pengendalian level diuji coba dengan cara mengisi air dengan ukuran setengah tangki



terbuka, kemudian dicek untuk mengetahui pompa dapat berfungsi atau tidak. Karena *level* air pada tangki terbuka hanya setengah, maka seharusnya pompa menyala. Apabila pompa tidak menyala akan dicari penyebabnya dan dilakukan *troubleshooting*. Seperti halnya pada sistem pengendalian *level*, pada sistem pengendalian laju aliran juga dilakukan percobaan sederhana dengan cara menekan *push button*. Ketika *push button* ditekan maka *solenoid valve* akan membuka. Hal ini dapat diketahui dengan mengalirnya air saat *solenoid valve* terbuka. Untuk rangkaian mekanik dilakukan uji coba dengan mengalirkan air ke pipa yang telah terpasang *flow meter*. Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya kebocoran pipa dan berfungsi tidaknya *flow meter*. Apabila semua sistem pengendalian *level* dan sistem pengendalian laju aliran serta rangkaian mekanik dapat bekerja dengan baik, maka selanjutnya dilakukan pengambilan data kalibrasi *flow meter*.

### 3.4 Pengambilan Data Kalibrasi

#### 3.4.1 Pemeriksaan Skala

**Tabel 3.2** Prosedur pemeriksaan skala

No	Prosedur	Pencatatan pada Lembar Kerja Kalibrasi
1.	diletakan ember pada masing-masing ujung saluran	-
2.	ditentukan nilai waktu ukur volume (digunakan nilai sebesar 20 detik)	nilai waktu sebagai range ukur dicatat pada kolom range ukur pada tabel pemeriksaan skala
3.	dibuka <i>valve</i> pada pipa sebelum masuk pada <i>flow meter</i> uji dengan bukaan <i>valve</i> sebesar $\frac{1}{4}$	-

**Tabel 3.2 Lanjutan.**

4.	dilakukan pengukuran volume menggunakan <i>flow meter</i> uji ( <i>flow meter</i> nomer 1) dengan cara menekan <i>push button</i> (dengan nilai waktu ukur 20 detik)	nilai terukur dari <i>flow meter</i> dicatat pada kolom pembacaan alat pada tabel pemeriksaan skala
5.	dipindahkan volume yang terdapat pada ember ke gelas ukur dan diukur volumenya	nilai volume dari gelas ukur dicatat pada kolom pembacaan standar pada tabel pemeriksaan skala
6.	diulangi langkah diatas (3 dan 4) sebanyak 5 kali dengan skala waktu ukur volume yang sama	nilai terukur dari <i>flow meter</i> dicatat pada kolom pembacaan alat dan nilai volume dari gelas ukur dicatat pada kolom pembacaan standar pada tabel pemeriksaan skala
7.	<p>dihitung koreksi dengan rumus :</p> $y_i = x_i - Q_i \dots \dots \dots (3.1)$ <p>keterangan :</p> <p><math>x_i</math> = pembacaan volume pada gelas ukur</p> <p><math>Q_i</math> = Pembacaan <i>flow meter</i> uji</p>	nilai koreksi dicatat pada kolom koreksi pada tabel pemeriksaan skala

Tabel 3.2 Lanjutan

8.	<p>dihitung standar deviasi dari koreksi maksimum dengan rumus :</p> $\sigma = \sqrt{\frac{\sum yi - \bar{y}^2}{n-1}} \dots\dots\dots (3.2)$ <p>keterangan :  <math>y_i</math> = koreksi ke- i  <math>\bar{y}</math> = rata – rata koreksi  <math>n</math> = Jumlah koreksi</p>	<p>pada tabel bantuan 1,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nilai <math>Q_i</math> dicatat pada kolom <math>Q_i</math></li> <li>- nilai <math>\bar{Q}</math> dicatat pada kolom <math>\bar{Q}</math></li> <li>- nilai <math>(Q_i - \bar{Q})</math> dicatat dalam kolom <math>(Q_i - \bar{Q})</math></li> <li>- nilai <math>(Q_i - \bar{Q})^2</math> dicatat dalam kolom <math>(Q_i - \bar{Q})^2</math></li> </ul>
9.	<p>dihitung ketidakpastian standar <math>U_{A1}</math> dengan rumus :</p> $U_{A1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (3.3)$ <p>keterangan :  <math>\sigma</math> = standar deviasi  <math>n</math> = jumlah data</p>	
10.	<p>pada saat yang sama dilakukan langkah 2 sampai 8 pada <i>flow meter</i> uji nomer 2, nomer 3, dan nomer 4</p>	<p>untuk masing-masing nilai yang didapat dari ketiga <i>flow meter</i> uji (nomer 2, nomer 3, dan nomer 4) dicatat pada lembar selanjutnya</p>



## 3.2.2 Pembacaan Berulang

Tabel 3.3 Prosedur pembacaan berulang

No	Prosedur	Pencatatan pada Lembar Kerja Kalibrasi
1.	diletakan ember pada masing-masing ujung saluran	-
2.	dibagi skala waktu ukur volume menjadi 10 bagian dengan kelipatan yang sama (digunakan nilai sebesar 10 detik sebagai waktu ukur volume ke-1)	nilai waktu sebagai range ukur dicatat pada kolom range ukur pada tabel pembacaan berulang
3.	dibuka <i>valve</i> pada pipa sebelum masuk pada <i>flow meter</i> uji dengan bukaan <i>valve</i> sebesar $\frac{1}{4}$	-
4.	dilakukan pengukuran volume menggunakan <i>flow meter</i> uji ( <i>flow meter</i> nomer 1) dengan cara menekan <i>push button</i> (dengan nilai waktu ukur 10 detik)	nilai terukur dari <i>flow meter</i> dicatat pada kolom pembacaan alat pada tabel pembacaan berulang
5.	dipindahkan volume yang terdapat pada ember ke gelas ukur dan diukur volumenya	nilai volume dari gelas ukur dicatat pada kolom pembacaan standar pada tabel pembacaan berulang



**Tabel 3.3 Lanjutan**

6.	diulangi langkah 3 sebanyak 10 kali dengan skala waktu ukur volume yang sama	nilai terukur dari <i>flow meter</i> dicatat pada kolom pembacaan alat pada tabel pembacaan berulang
7.	diulangi langkah 4, 5, dan 6 untuk 9 bagian berikutnya dengan skala waktu ukur volume 15 detik, 20 detik, 25 detik, dst (kelipatan 5 detik) sampai 55 detik	nilai waktu sebagai range ukur diletakan pada kolom range ukur pada tabel pembacaan berulang
8.	<p>dihitung rata-rata dari pembacaan alat pada setiap skala waktu ukur dengan rumus :</p> $\overline{Q_i} = \frac{\sum Q_i}{n}, \dots\dots\dots (3.4)$ <p>n = 10</p> <p>keterangan :</p> <p><math>Q_i</math> = pembacaan standar ke-i</p> <p>n = jumlah data</p>	nilai dicatat pada kolom rata-rata pembacaan alat pada tabel pembacaan berulang
9.	<p>dicari nilai koreksi pada setiap skala waktu ukur dengan rumus :</p> $y_i = x_i - \overline{Q_i} \dots\dots\dots (3.5)$ <p>keterangan :</p> <p><math>x_i</math> = pembacaan standar</p> <p><math>\overline{Q_i}</math> = rata-rata pembacaan alat</p>	nilai koreksi dicatat pada kolom koreksi pada tabel pembacaan berulang

**Tabel 3.3 Lanjutan**

	<p>dicari persamaan regresi <math>y_{\text{reg}} = a + b(x)</math>, dengan terlebih dulu dicari nilai <math>b</math> dengan rumus :</p> $b = \frac{n \cdot \Sigma (x \cdot y) - \Sigma x \cdot \Sigma y}{n \cdot \Sigma (x^2) - (\Sigma x)^2} \dots (3.6)$ <p>setelah ditemukan hasil nilai <math>b</math>, dicari nilai <math>a</math> melalui rumus :</p>	<p>pada tabel bantuan 2,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nilai perkalian antara pembacaan standar dengan koreksi (<math>x \cdot y</math>) dicatat pada kolom (<math>x \cdot y</math>)</li> <li>- nilai pembacaan standar kuadrat (<math>x^2</math>) dicatat pada kolom (<math>x^2</math>)</li> </ul>
10.	$a = \bar{y} - b(\bar{x}) \dots \dots \dots (3.7)$ <p>setelah ditemukan hasil nilai <math>a</math>, maka didapatkan persamaan <math>y_{\text{reg}}</math></p> <p>keterangan :</p> <p><math>x</math> = pembacaan standar</p> <p><math>y</math> = koreksi</p> <p><math>\bar{x}</math> = rata-rata pembacaan standar</p> <p><math>\bar{y}</math> = rata-rata koreksi</p>	
11.	<p>dihitung nilai <math>y_{\text{reg}}</math> dengan persamaan yang telah didapat pada langkah 10 dengan memasukkan nilai pembacaan standar (<math>x</math>) pada persamaan tersebut (dihitung setiap skala waktu ukur)</p>	<p>nilai <math>y_{\text{reg}}</math> dicatat dalam kolom <math>y_{\text{reg}}</math> pada tabel bantuan 2</p>
12.	<p>dihitung nilai residu (<math>R</math>) pada setiap skala waktu ukur dengan rumus :</p> $R = y - y_{\text{reg}} \dots \dots \dots (3.8)$	<p>nilai (<math>y - y_{\text{reg}}</math>) dicatat pada kolom <math>R</math> pada tabel bantuan 2</p>

**Tabel 3.3 Lanjutan**

13.	<p>dihitung nilai <i>square residual</i> (<math>R^2</math>)</p> $R^2 = [y - y_{\text{reg}}]^2 \dots \dots \dots (3.9)$	<p>nilai (<math>R^2</math>) dicatat pada kolom <math>R^2</math> pada tabel bantuan 2</p>
14.	<p>dihitung ketidakpastian regresi <math>U_{A2}</math> dengan rumus :</p> $U_{A2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} \dots \dots \dots (3.10)$ <p>keterangan:  <math>SSR</math> = sum <i>square residual</i> (<math>\sum R^2</math>), merupakan penjumlahan dari nilai residu yang dikuadratkan</p>	-
15.	<p>pada saat yang sama dilakukan langkah 2 sampai 14 pada <i>flow meter</i> uji nomer 2, nomer 3, dan nomer 4</p>	<p>untuk masing-masing nilai yang didapat dari ketiga <i>flow meter</i> uji (nomer 2, nomer 3, dan nomer 4) dicatat pada lembar selanjutnya</p>

## 3.4.2 Ketidakpastian Kalibrasi

**Tabel 3.4** Prosedur ketidakpastian kalibrasi

No	Prosedur	Keterangan
1.	<p>dihitung ketidakpastian resolusi <math>U_{B1}</math> dengan rumus :</p> <p>a. untuk <i>flowmeter</i></p> <p><b>Resolusi</b></p> $U_{B1} = \frac{2\sqrt{3}}{\dots\dots\dots} \dots\dots\dots (3.11)$ <p>b. untuk gelas ukur</p> $U_{B2} = \frac{\frac{1}{2} \text{Resolusi}}{2} \dots\dots\dots (3.12)$	-
2.	<p>dihitung ketidakpastian kalibrator <math>U_{B2}</math> dengan rumus :</p> $U_{B2} = \frac{a}{k} \dots\dots\dots (3.13)$	<p>a = ketidakpastian kalibrator</p> <p>k = faktor cakupan</p> <p>*Nilai <math>U_{B2}</math> dapat dihitung apabila terdapat sertivikat kalibrasi dari kalibrator. Namun apabila tidak ada sertivikat kalibrasi dari kalibrator, maka nilai <math>U_{B2}</math> dianggap 0.</p>



Tabel 3.4 Lanjutan

3.	<p>dihitung besarnya <math>U_c</math> (ketidakpastian kombinasi) dengan rumus :</p> $U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2}$ <p>.....(3.14)</p>	<p><math>U_{A1}</math> = ketidakpastian standar <math>U_{A2}</math> = ketidakpastian regresi <math>U_{B1}</math> = ketidakpastian resolusi <math>U_{B2}</math> = ketidakpastian kalibrator</p>
4.	<p>dihitung besarnya <math>V_{eff}</math> dengan rumus :</p> $V_{eff} = \frac{U_c^4}{\frac{U_{A1}^4}{V_1} + \frac{U_{A2}^4}{V_2} + \frac{U_{B1}^4}{V_3} + \frac{U_{B2}^4}{V_4}}$ <p>.....(3.15)</p> <p>dengan <math>V_i = n-1</math>  <math>V_3 = \sim</math> (tak hingga)  <math>V_4</math> diperoleh dari tabel t student</p>	<p><math>U_c</math> = ketidakpastian kombinasi <math>U_{A1}</math> = ketidakpastian standar <math>U_{A2}</math> = ketidakpastian regresi <math>U_{B1}</math> = ketidakpastian resolusi <math>U_{B2}</math> = ketidakpastian kalibrator</p>
5.	<p>dengan tingkat kepercayaan 95 %, dihitung faktor cakupan k yang diperoleh dari tabel t-student</p>	

**Tabel 3.4 Lanjutan**

6.	dihitung ketidakpastian diperluas $U_{exp}$ dengan rumus: $U_{exp} = k \cdot U_c \dots\dots\dots(3.16)$	$k$ = faktor cakupan $U_c$ = ketidakpastian kombinasi
7.	pada saat yang sama dilakukan langkah 2 sampai 7 pada <i>flow meter</i> uji nomer 2, nomer 3, dan nomer 4	

Diulangi semua langkah dari pemeriksaan skala, pembacaan berulang, dan ketidakpastian kalibrasi untuk bukaan *valve* sebesar  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$ , dan 1 pada *flow meter* uji nomer 2, nomer 3, dan nomer 4. Untuk masing-masing nilai yang didapat dari ketiga parameter bukaan *valve* dicatat pada lembar selanjutnya

### 3.5 Analisis Data dan Pembahasan

Dari hasil kalibrasi *flow meter* tersebut, dilakukan analisa perhitungan hingga diketahui nilai ketidakpastian diperluas. Kemudian dianalisis tentang hubungan antara nilai ketidakpastian diperluas dari masing-masing *flow meter* dengan peletakan *flow meter* pada setiap percabangan. Serta dianalisis tentang hubungan antara bukaan *manual valve* dengan nilai ketidakpastian setiap *flow meter*.

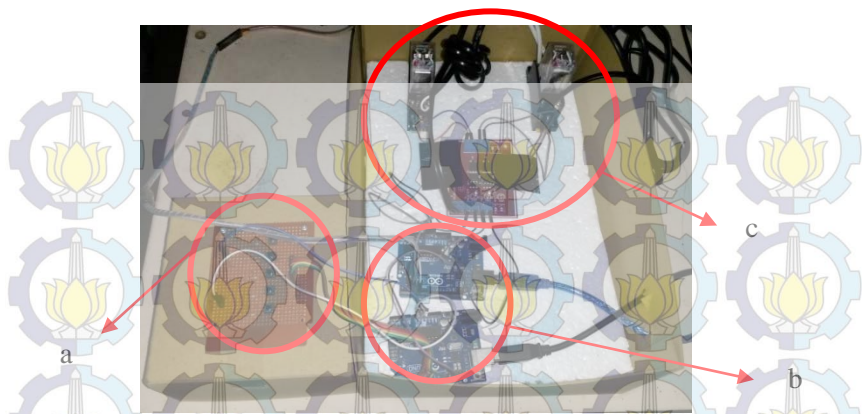
## BAB IV

### HASIL RANCANG BANGUN ALAT DAN KALIBRASI *FLOW METER*

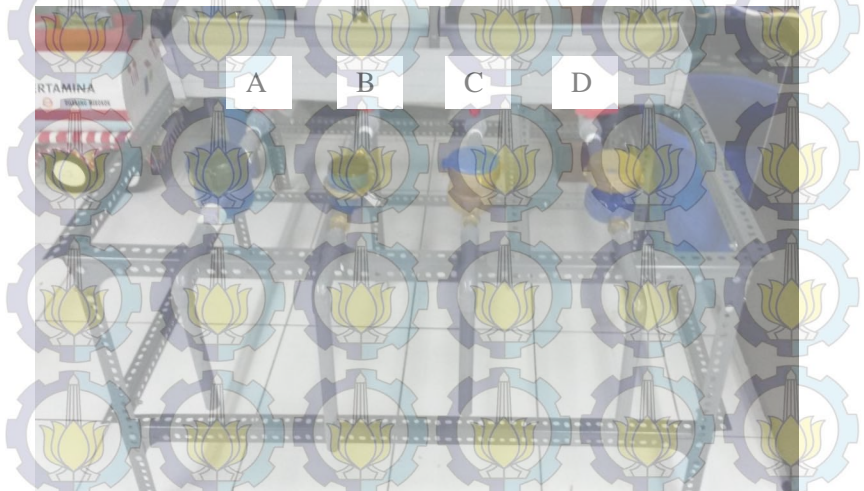


**Gambar 4.1** Hasil rancang bangun mekanik alat eksperimen kalibrasi *flow meter*, peletakan PING sebagai sensor level (a)



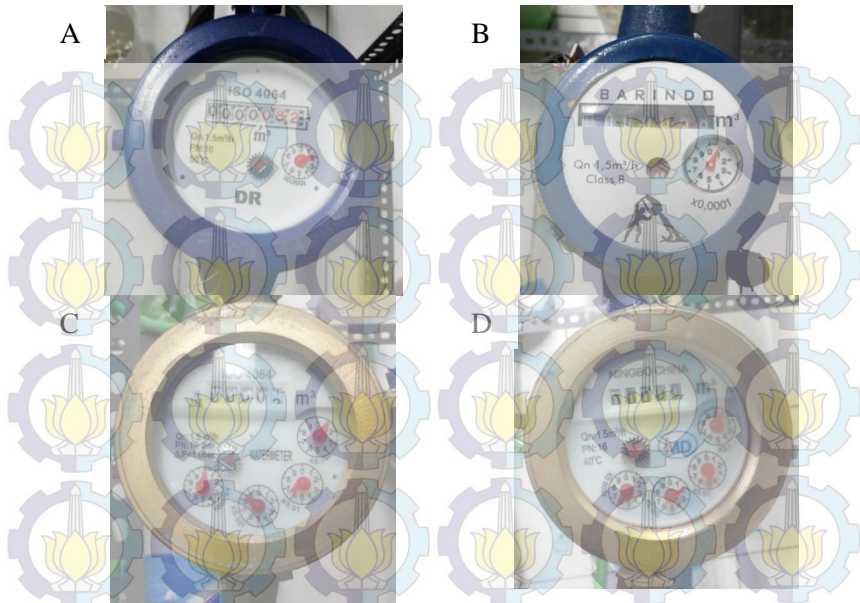


**Gambar 4.2** Rangkaian elektrik yang telah dibuat, rangkaian sensor push button (a), mikrokontroler *arduino uno* (b), rangkaian *driver relay* (c).



**Gambar 4.3** Instalasi *flow meter* pada sistem manifold beserta kodenya.





**Gambar 4.4** Tampilan *flow meter* beserta kodenya

Setelah dilakukan pengambilan data (**Lampiran A**), dihitung nilai standar deviasi dari koreksi maksimum dengan menggunakan persamaan (3.2). Kemudian dilakukan perhitungan ketidakpastian standar ( $U_{A1}$ ) dengan menggunakan persamaan (3.3).

**Tabel 4.1** Nilai standar deviasi dan nilai ketidakpastian dari *flow meter*

Besarnya bukaan valve	Kode <i>flow meter</i>	Standart deviasi	Ketidapastian standar ( $U_{A1}$ )
		(L)	(L)
$\frac{1}{4}$	A	0,0182	0,0081
	B	0,0089	0,0004
	C	0,0453	0,0202
	D	0,0472	0,0211
$\frac{1}{2}$	A	0,0100	0,0045
	B	0,0230	0,0103
	C	0,0255	0,0114
	D	0,0187	0,0084
$\frac{3}{4}$	A	0,0114	0,0051
	B	0,0305	0,0136
	C	0,0200	0,0089
	D	0,0114	0,0051
1	A	0,0130	0,0058
	B	0,0195	0,0087
	C	0,0114	0,0051
	D	0,0100	0,0045

Perhitungan diatas menggunakan skala Liter (L) dikarenakan skala *flow meter* terlalu besar jika dibandingkan dengan skala gelas ukur (sebagai kalibrator) dan aliran air yang masuk dalam *flow meter* juga kecil. Untuk nilai standar deviasi pada bukaan *valve* sebesar  $\frac{1}{4}$  memiliki rata-rata lebih besar jika dibandingkan dengan nilai standar deviasi pada bukaan *valve* sebesar  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$ , dan 1. Hal ini dikarenakan *flow meter* yang digunakan kurang sensitif terhadap aliran yang kecil.

Dengan menggunakan persamaan (3.6) dan (3.7), dapat ditentukan persamaan regresi dari masing-masing *flow meter*.

**Tabel 4.2** Persamaan Regresi dari *flow meter*

Besarnya bukaan valve	Kode <i>flow meter</i>	Persamaan Regresi ( $y_{reg}$ )	$U_{A2}$
			(L)
$\frac{1}{4}$	A	$-0,0307(x_i) + 0,1459$	0,0560
	B	$1(x_i)$	0
	C	$-0,1558(x_i) + 0,2613$	0,2099
	D	$-0,1283(x_i) + 0,1543$	0,0469
$\frac{1}{2}$	A	$0,0540(x_i) + 0,0185$	0,0713
	B	$-0,0247(x_i) + 0,1881$	0,0427
	C	$0,0142(x_i) + 0,0770$	0,0545
	D	$0,0345(x_i) + 0,0573$	0,0586
$\frac{3}{4}$	A	$0,0084(x_i) + 0,1031$	0,0754
	B	$0,0050(x_i) + 0,0871$	0,0425
	C	$0,0128(x_i) + 0,0796$	0,0777
	D	$0,0179(x_i) + 0,0340$	0,0323
1	A	$0,0157(x_i) + 0,0454$	0,0718
	B	$0,0444(x_i) + 0,0292$	0,0754
	C	$0,0044(x_i) + 0,0283$	0,0538
	D	$0,0365(x_i) + 0,0704$	0,0516

Pada *valve* dengan bukaan  $\frac{1}{4}$  (dengan skala ukur 10-55 detik), pembacaan *flow meter* B tetap (tidak bergerak) namun terdapat aliran keluar. Hal ini dikarenakan *flow meter* B kurang sensitif pada aliran yang mempunyai laju aliran kecil (pengaruh bukaan  $\frac{1}{4}$ ) dan menyebabkan nilai ketidakpastian regresi sebesar 0. Untuk pembacaan *flow meter* A, C, dan D pada *valve* dengan bukaan  $\frac{1}{4}$  juga tidak dapat bergerak namun hanya pada skala ukur



10 detik saja. Dari nilai ketidakpastian regresi dapat ditentukan besar nilai selisih ketidakpastian regresi ( $U_{A2 \text{ maks}} - U_{A2 \text{ min}}$ ). pada *valve* dengan bukaan  $\frac{1}{4}$ , didapatkan nilai selisih ketidakpastian regresi sebesar 0,2099 L, pada *valve* dengan bukaan  $\frac{1}{2}$ , didapatkan nilai selisih ketidakpastian regresi sebesar 0,0168 L, pada *valve* dengan bukaan  $\frac{3}{4}$ , didapatkan nilai selisih ketidakpastian regresi sebesar 0,0454 L, dan pada *valve* dengan bukaan 1, didapatkan nilai selisih ketidakpastian regresi sebesar 0,0238 L.

Dengan menggunakan persamaan (3.12) ditentukan ketidakpastian resolusi dari gelas ukur yang berfungsi sebagai kalibrator. Dengan besar resolusi dari gelas ukur sebesar 10 mL (0,001 L) maka didapatkan nilai  $U_{B1}$ .

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2}(\text{Resolusi})}{2}$$

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2}(0,001)}{2}$$

$$U_{B1} = 0,00025 \text{ L}$$

Untuk menentukan ketidakpastian gelas ukur sebagai kalibrator ( $U_{B2}$ ), maka digunakan persamaan (3.13). Data diambil dari sertivikat kalibrasi gelas ukur (**Lampiran C**)

$$a = 0,006 \text{ mL } (U_{\text{exp}})$$

$$a = 0,000006 \text{ L}$$

$$k = 2,00$$

$$\text{Tingkat Kepercayaan (\% CL)} = 95 \%$$

$$V_{\text{eff}} = 60$$

$$U_{B2} = \frac{a}{k}$$



$$U_{B2} = \frac{0,000006}{2}$$

$$U_{B1} = 0,000003 \text{ L}$$

Dengan menggunakan persamaan (3.14), (3.15), dan (3.16) ditentukan ketidakpastian kombinasi, derajat kebebasan, dan ketidakpastian diperluas.

**Tabel 4.3** Nilai ketidakpastian kombinasi, derajat kebebasan, faktor cakupan, dan ketidakpastian diperluas dari *flow meter*

Besar bukaan valve	Kode flow meter	$U_c$ (L)	$V_{eff}$	k	$U_{exp}$ (L)
$\frac{1}{4}$	A	0,0566	9,37	2,262	0,1280
	B	0,0040	4,03	2,776	0,0111
	C	0,2108	9,16	2,262	0,4769
	D	0,0514	11,91	2,179	0,1121
$\frac{1}{2}$	A	0,0715	9,07	2,262	0,1616
	B	0,0439	10,002	2,228	0,0978
	C	0,0557	9,762	2,228	0,1241
	D	0,0592	9,362	2,262	0,1340
$\frac{3}{4}$	A	0,0756	9,082	2,262	0,1710
	B	0,0446	10,695	2,201	0,0983
	C	0,0782	9,236	2,262	0,1770
	D	0,0327	9,441	2,262	0,0741
1	A	0,0720	9,118	2,262	0,1630
	B	0,0758	9,238	2,262	0,1716
	C	0,0 540	9,161	2,262	0,1222
	D	0,0 518	9,135	2,262	0,1172

Dari tabel 4.3 diatas, besar nilai derajat kebebasan berada di dalam rentang angka 9 hingga 12, namun terdapat derajat kebebasan yang bernilai 4 (*flow meter* B dengan besar bukaan *valve*  $\frac{1}{4}$ ). Hal ini disebabkan nilai ketidakpastian regresi ( $U_{A2}$ ) dari *flow meter* tersebut bernilai nol (0). Setelah diketahui nilai dari derajat kebebasan maka ditentukan nilai faktor cakupan dengan tingkat kepercayaan (*confident level*) sebesar 95 %. Nilai faktor cakupan akan dikalikan dengan ketidakpastian komninsi ( $U_c$ ) sehingga didapatkan ketidakpastian diperluas ( $U_{exp}$ ). Berdasarkan besar bukaan *valve*, maka nilai ketidakpastian diperluas sebagai berikut, pada *valve* dengan bukaan  $\frac{1}{4}$ , nilai ketidakpastian diperluas terkecil (0,0111 L) berada pada *flow meter* B dan nilai ketidakpastian diperluas terbesar (0,4769 L) berada pada *flow meter* C, pada *valve* dengan bukaan  $\frac{1}{2}$ , nilai ketidakpastian diperluas terkecil (0,0978 L) berada pada *flow meter* B dan nilai ketidakpastian diperluas terbesar (0,1616 L) berada pada *flow meter* A, pada *valve* dengan bukaan  $\frac{3}{4}$ , nilai ketidakpastian diperluas terkecil (0,0741 L) berada pada *flow meter* D dan nilai ketidakpastian diperluas terbesar (0,1770 L) berada pada *flow meter* C, pada *valve* dengan bukaan 1, nilai ketidakpastian diperluas terkecil (0,1172 L) berada pada *flow meter* D dan nilai ketidakpastian diperluas terbesar (0,1716 L) berada pada *flow meter* B.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Telah dibuat alat eksperimen kalibrasi *flow meter* pada sistem *manifold* dan dari kegiatan kalibrasi dapat disimpulkan bahwa :

- telah dibuat alat eksperimen kalibrasi *flow meter* pada sistem *manifold* dengan penambahan sensor PING (ultrasonik) dan *push button* yang telah diintegrasikan dengan mikrokontroler *arduino uno*.
- dari hasil kalibrasi *flow meter* didapatkan nilai ketidakpastian diperluas ( $U_{exp}$ ) dengan nilai sebagai berikut,
  - Untuk *valve* dengan bukaan  $\frac{1}{4}$ , nilai ketidakpastian diperluas terkecil terletak pada *flow meter* B sebesar 0,0111 dengan derajat kebebasan ( $k$ ) sebesar 2,776 dan tingkat kepercayaan (CL) sebesar 95 %.
  - Untuk *valve* dengan bukaan  $\frac{1}{2}$ , nilai ketidakpastian diperluas terkecil terletak pada *flow meter* B sebesar 0,0978 dengan derajat kebebasan ( $k$ ) sebesar 2,228 dan tingkat kepercayaan (CL) sebesar 95 %.
  - Untuk *valve* dengan bukaan  $\frac{3}{4}$ , nilai ketidakpastian diperluas terkecil terletak pada *flow meter* D sebesar 0,0741 dengan derajat kebebasan ( $k$ ) sebesar 2,262 dan tingkat kepercayaan (CL) sebesar 95 %.
  - Untuk *valve* dengan bukaan 1, nilai ketidakpastian diperluas terkecil terletak pada *flow meter* D sebesar 0,1172 dengan derajat kebebasan ( $k$ ) sebesar 2,262 dan tingkat kepercayaan (CL) sebesar 95 %.
- pengaruh sistem *manifold* terhadap kalibrasi *flow meter* yaitu besar laju aliran yang masuk masing-masing ke *flow meter* mempunyai nilai yang berbeda-beda serta besar bukaan *valve* mempengaruhi pembacaan nilai laju aliran pada *flow meter*.



## 5.2 Rekomendasi

Rekomendasi untuk perbaikan alat eksperimen kalibrasi *flow meter* pada sistem *manifold* dan dari kegiatan kalibrasi antara lain :

- sebaiknya digunakan fluida cair (air) dengan kondisi bersih agar aliran fluida tidak mengganggu pembacaan *flow meter*.
- sebaiknya digunakan *flow meter* yang lebih sensitif dalam pembacaannya.
- untuk kegiatan kalibrasi *flow meter* pada sistem *manifold*, sebaiknya digunakan *valve* dengan bukaan  $\frac{1}{2}$  dan  $\frac{3}{4}$ .



## DAFTAR PUSTAKA

Adin. 2011. “*Pengetahuan Dasar Meter Air*”. [diakses dari : <http://adin-meteringsystem.blogspot.com/2011/12/pengetahuan-dasar-meter-air.html>]

Anonim. “*Teori Ketidapastian*”. Modul Pelatihan Kalibrasi Timbangan

Budiharto, Widodo. 2008. “*10 Proyek Robot Spektakuler*”. Jakarta: Elex Media Komputindo

Ferguson, Kelvin. 2010. “*Technical Specifications and Installation Requirements for Flow Meters*”. Hawke’s Bay Regional Council

Guntoro, Helmi dkk. 2013. “*Rancang Bangun Magnetic Door Lock Menggunakan Keypad dan Solenoid Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno*”. Bandung : Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, FPTK Universitas Pendidikan Indonesia [ELECTRANS, VOL.12, NO.1, MARET 2013 , 39-48]

Maryono. “*Saklar Manual dalam Pengendalian Mesin*” SMKN 3 Yogyakarta

Sanjaya, Guntur. 2011. “*Prinsip Kerja Solenoid Valve*”. [diakses dari : <http://www.guntursanjaya.com/2011/11/solenoid-valve.html>]

Schmitt, Dave. 1987, “*Flow Instrumentation 101*”. Escondido / Irvine

Pratama, Hadijaya. 2012. “*Akuisisi Data Kinerja Sensor Ultrasonik Berbasis Sistem Komunikasi Serial Menggunakan Mikrokontroler ATmega 32*”. Bandung : Jurusan Pendidikan

Teknik Elektro, FPTK UPI [ELECTRANS, VOL.11, NO.2,  
SEPTEMBER 2012 , 36-43]

Satterfield, Zane, dan Vivin B. 2004. "*Tech Brief Water Meter*".  
Morgantown : National Environmental Services Center at West  
Virginia University

SNI 2574:2008. 2008. "*Spesifikasi Meter Air Minum*". Badan  
Standar Nasional Indonesia.



## LAMPIRAN A DATA KALIBRASI

Kode *Flow Meter* : A  
Bukan *Valve* : ¼

### 1. Pemeriksaan Skala

Range Ukur	Pembacaan Alat [Q <sub>i</sub> ]	Pembacaan Standar [x <sub>i</sub> ]	Koreksi [y <sub>i</sub> ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ] <sup>2</sup>
(( detik )	(L)	(L)	(L)	(L)	-
20	0,3000	0,4000	0,1000	-0,0040	0,0000
	0,3100	0,4100	0,1000	-0,0040	0,0000
	0,2900	0,4200	0,1300	0,0260	0,0007
	0,3200	0,4000	0,0800	-0,0240	0,0006
	0,3000	0,4100	0,1100	0,0060	0,0000
Jumlah		2,0400	0,5200	0,0000	0,0013

Rata-Rata Koreksi 0,1040

Standar Deviasi 0,0182



A-2

## 2. Pembacaan Berulang

Range ukur	Pembacaan Standar [xi]	Rata-rata Pembacaan Alat [Qi]	Koreksi [yi]	$[x_i \cdot y_i]$	$[x_i]^2$	Koreksi dari Persamaan Regresi $y_{reg} = a + b[x_i]$	Residu [ $y_i - y_{reg}$ ]	Square Residu [ $y_i - y_{reg}$ ] <sup>2</sup>
(defik)	(L)	(L)	(L)	-	-	(L)	(L)	-
10	0,1500	0,0000	0,1500	0,0225	0,0225	0,1413	0,0087	0,0001
15	0,2400	0,1330	0,1070	0,0257	0,0576	0,1385	-0,0315	0,0010
20	0,4100	0,3180	0,0920	0,0377	0,1681	0,1333	-0,0413	0,0017
25	0,6600	0,4120	0,2480	0,1637	0,4356	0,1256	0,1224	0,0150
30	1,0100	0,9180	0,0920	0,0929	1,0201	0,1148	-0,0228	0,0005
35	1,3200	1,2430	0,0770	0,1016	1,7424	0,1053	-0,0283	0,0008
40	1,5300	1,4080	0,1220	0,1867	2,3409	0,0989	0,0231	0,0005
45	1,7100	1,6780	0,0320	0,0547	2,9241	0,0933	-0,0613	0,0038
50	1,9700	1,8940	0,0760	0,1497	3,8809	0,0853	-0,0093	0,0001
55	2,2500	2,1330	0,1170	0,2633	5,0625	0,0767	0,0403	0,0016
Jumlah	11,2500	10,1370	1,1130	1,0985	17,6547	1,1130	0,0000	0,0251
Rata	1,1250	1,0137	0,1113	0,1098	1,7655	0,1113	0,0000	0,0025



Kode *Flow Meter* : B  
 Bukan *Valve* : ¼

### 1. Pemeriksaan Skala

Range Ukur	Pembacaan Alat [Q <sub>i</sub> ]	Pembacaan Standar [x <sub>i</sub> ]	Koreksi [y <sub>i</sub> ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ] <sup>2</sup>
(detik)	(L)	(L)	(L)	(L)	-
20	0,0000	0,7800	0,7800	0,0060	0,0000
	0,0000	0,7700	0,7700	-0,0040	0,0000
	0,0000	0,7600	0,7600	-0,0140	0,0002
	0,0000	0,7800	0,7800	0,0060	0,0000
	0,0000	0,7800	0,7800	0,0060	0,0000
Jumlah		3,8700	3,8700	0,0000	0,0003

Rata-Rata Koreksi 0,774

Standar Deviasi 0,008

A-4

## 2. Pembacaan Berulang

Range ukur	Pembacaan Standar [xi]	Rata-rata Pembacaan Alat [Qi]	Koreksi [yi]	$[x_i \cdot y_i]$	$[x_i]^2$	Koreksi dari Persamaan Regresi	Residu	Square Residu
						$y_{reg} = a + b[x_i]$	$[y_i - y_{reg}]$	$[y_i - y_{reg}]^2$
(defik)	(L)	(L)	(L)	-	-	(L)	(L)	-
10	0,2900	0,0000	0,2900	0,0841	0,0841	0,2900	0,0000	0,0000
15	0,5900	0,0000	0,5900	0,3481	0,3481	0,5900	0,0000	0,0000
20	0,7800	0,0000	0,7800	0,6084	0,6084	0,7800	0,0000	0,0000
25	1,0100	0,0000	1,0100	1,0201	1,0201	1,0100	0,0000	0,0000
30	1,1900	0,0000	1,1900	1,4161	1,4161	1,1900	0,0000	0,0000
35	1,3700	0,0000	1,3700	1,8769	1,8769	1,3700	0,0000	0,0000
40	1,7700	0,0000	1,7700	3,1329	3,1329	1,7700	0,0000	0,0000
45	1,9400	0,0000	1,9400	3,7636	3,7636	1,9400	0,0000	0,0000
50	2,1900	0,0000	2,1900	4,7961	4,7961	2,1900	0,0000	0,0000
55	2,3700	0,0000	2,3700	5,6169	5,6169	2,3700	0,0000	0,0000
Jumlah	13,5000	0,0000	13,5000	22,6632	22,6632	13,5000	0,0000	0,0000
Rata	1,3500	0,0000	1,3500	2,2663	2,2663	1,3500	0,0000	0,0000



Kode Flow Meter : C

Bukan Valve :  $\frac{1}{4}$ 

## 1. Pemeriksaan Skala

Range Ukur	Pembacaan Alat [Q <sub>i</sub> ]	Pembacaan Standar [x <sub>i</sub> ]	Koreksi [y <sub>i</sub> ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ] <sup>2</sup>
(detik)	(L)	(L)	(L)	(L)	-
20	0,2400	0,6100	0,3700	0,0700	0,0049
	0,3100	0,6300	0,3200	0,0200	0,0004
	0,2900	0,5500	0,2600	-0,0400	0,0016
	0,3200	0,5900	0,2700	-0,0300	0,0009
	0,3000	0,5800	0,2800	-0,0200	0,0004
Jumlah		2,9600	1,5000	0,0000	0,0082

Rata-Rata Koreksi 0,3000

Standar Deviasi 0,0453

A-6

## 2. Pembacaan Berulang

Range ukur	Pembacaan Standar [xi]	Rata-rata Pembacaan Alat [Qi]	Koreksi [yi]	$[x_i, y_i]$	$[x_i]^2$	Koreksi dari Persamaan Regresi	Residu	Square Residu
						$y_{reg} = a + b[x_i]$	$[y_i - y_{reg}]$	$[y_i - y_{reg}]^2$
(defik)	(L)	(L)	(L)	-	-	(L)	(L)	-
10	0,2400	0,0000	0,2400	0,0576	0,0576	0,2239	0,0161	0,0003
15	0,3300	0,1870	0,1430	0,0472	0,1089	0,2099	-0,0669	0,0045
20	0,6100	0,2980	0,3120	0,1903	0,3721	0,1662	0,1458	0,0212
25	0,7200	0,5120	0,2080	0,1498	0,5184	0,1491	0,0589	0,0035
30	0,8200	0,6930	0,1270	0,1041	0,6724	0,1335	-0,0065	0,0000
35	1,0700	1,0230	0,0470	0,0503	1,1449	0,0946	-0,0476	0,0023
40	1,4300	1,3290	-0,1010	0,1444	2,0449	0,0385	0,0625	0,0039
45	1,6800	2,1870	-0,5070	-0,8518	2,8224	-0,0005	-0,5065	0,2565
50	1,8900	1,7730	0,1170	0,2211	3,5721	-0,0332	0,1502	0,0226
55	2,1700	2,0530	0,1170	0,2539	4,7089	-0,0768	0,1938	0,0376
Jumlah	10,9600	10,0550	0,9050	0,3670	16,0226	0,9050	0,0000	0,3524
Rata	1,0960	1,0055	0,0905	0,0367	1,6023	0,0905	0,0000	0,0352



Kode *Flow Meter* : D  
 Bukan *Valve* :  $\frac{1}{4}$

### 1. Pemeriksaan Skala

Range Ukur	Pembacaan Alat [Q <sub>i</sub> ]	Pembacaan Standar [x <sub>i</sub> ]	Koreksi [y <sub>i</sub> ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ] <sup>2</sup>
(detik)	(L)	(L)	(L)	(L)	-
20	0,2700	0,3700	0,1000	-0,0440	0,0019
	0,2500	0,3700	0,1200	-0,0240	0,0006
	0,2000	0,3900	0,1900	0,0460	0,0021
	0,2100	0,4100	0,2000	0,0560	0,0031
	0,2900	0,4000	0,1100	-0,0340	0,0012
Jumlah		1,9400	0,7200	0,0000	0,0089

Rata-Rata Koreksi 0,1440

Standar Deviasi 0,0472

A-8

## 2. Pembacaan Berulang

Range ukur	Pembacaan Standar [xi]	Rata-rata Pembacaan Alat [Qi]	Koreksi [yi]	$[x_i \cdot y_i]$	$[x_i]^2$	Koreksi dari Persamaan Regresi	Residu	Square Residu
						$y_{reg} = a + b[x_i]$	$[y_i - y_{reg}]$	$[y_i - y_{reg}]^2$
(defik)	(L)	(L)	(L)	-	-	(L)	(L)	-
10	0,1200	0,0000	0,1200	0,0144	0,0144	0,1389	-0,0189	0,0004
15	0,1800	0,1080	0,0720	0,0130	0,0324	0,1312	-0,0592	0,0035
20	0,3900	0,2780	0,1120	0,0437	0,1521	0,1043	0,0077	0,0001
25	0,5300	0,4120	0,1180	0,0625	0,2809	0,0863	0,0317	0,0010
30	0,7900	0,6840	0,1060	0,0837	0,6241	0,0530	0,0530	0,0028
35	0,8800	0,8460	0,0340	0,0299	0,7744	0,0414	-0,0074	0,0001
40	1,1800	1,1420	-0,0380	0,0448	1,3924	0,0029	0,0351	0,0012
45	1,4700	1,5270	-0,0570	-0,0838	2,1609	-0,0343	-0,0227	0,0005
50	1,7500	1,7670	-0,0170	-0,0297	3,0625	-0,0702	0,0532	0,0028
55	1,9800	2,1520	-0,1720	-0,3406	3,9204	-0,0997	-0,0723	0,0052
Jumlah	9,2700	8,9160	0,3540	-0,1620	12,4145	0,3540	0,0000	0,0176
Rata	0,9270	0,8916	0,0354	-0,0162	1,2415	0,0354	0,0000	0,0018



Kode *Flow Meter* : A

Bukan *Valve* : ½

### 1. Pemeriksaan Skala

Range Ukur	Pembacaan Alat [Q <sub>i</sub> ]	Pembacaan Standar [x <sub>i</sub> ]	Koreksi [y <sub>i</sub> ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ] <sup>2</sup>
(detik)	(L)	(L)	(L)	(L)	-
20	0,3800	0,4000	0,0200	-0,0100	0,0001
	0,4000	0,4400	0,0400	0,0100	0,0001
	0,4500	0,4800	0,0300	0,0000	0,0000
	0,4500	0,4900	0,0400	0,0100	0,0001
	0,3700	0,3900	0,0200	-0,0100	0,0001
Jumlah		2,2000	0,1500	0,0000	0,0004

Rata-Rata Koreksi

0,0400

Standar Deviasi

0,0100



A-10

## 2. Pembacaan Berulang

Range ukur	Pembacaan Standar [xi]	Rata-rata Pembacaan Alat [Qi]	Koreksi [yi]	$[x_i \cdot y_i]$	$[x_i]^2$	Koreksi dari Persamaan Regresi	Residu	Square Residu
						$y_{reg} = a + b[x_i]$	$[y_i - y_{reg}]$	$[y_i - y_{reg}]^2$
(defik)	(L)	(L)	(L)	-	-	(L)	(L)	-
10	0,1500	0,0790	0,0710	0,0107	0,0225	0,0266	0,0444	0,0020
15	0,2600	0,2520	0,0080	0,0021	0,0676	0,0325	-0,0245	0,0006
20	0,4100	0,4090	0,0010	0,0004	0,1681	0,0406	-0,0396	0,0016
25	0,7500	0,6790	0,0710	0,0533	0,5625	0,0590	0,0120	0,0001
30	1,0100	0,9830	0,0270	0,0273	1,0201	0,0730	-0,0460	0,0021
35	1,2900	1,0830	0,2070	0,2670	1,6641	0,0882	0,1188	0,0141
40	1,5100	1,4630	0,0470	0,0710	2,2801	0,1000	-0,0530	0,0028
45	1,7200	1,6780	0,0420	0,0722	2,9584	0,1114	-0,0694	0,0048
50	1,9800	1,7520	0,2280	0,4514	3,9204	0,1254	0,1026	0,0105
55	2,2900	2,1930	0,0970	0,2221	5,2441	0,1422	-0,0452	0,0020
Jumlah	11,3700	10,5710	0,7990	1,1775	17,9079	0,7990	0,0000	0,0407
Rata	1,1370	1,0571	0,0799	0,1177	1,7908	0,0799	0,0000	0,0041

Kode *Flow Meter* : B  
 Bukan *Valve* : ½

### 1. Pemeriksaan Skala

Range Ukur	Pembacaan Alat [Q <sub>i</sub> ]	Pembacaan Standar [x <sub>i</sub> ]	Koreksi [y <sub>i</sub> ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ] <sup>2</sup>
(detik)	(L)	(L)	(L)	(L)	-
20	0,7100	0,7900	0,0800	0,0340	0,0012
	0,6900	0,7100	0,0200	-0,0260	0,0007
	0,6900	0,7200	0,0300	-0,0160	0,0003
	0,7000	0,7500	0,0500	0,0040	0,0000
	0,7300	0,7800	0,0500	0,0040	0,0000
Jumlah		3,7500	0,2300	0,0000	0,0021

Rata-Rata Koreksi 0,0460

Standar Deviasi 0,0230



A-12

## 2. Pembacaan Berulang

Range ukur	Pembacaan Standar [xi]	Rata-rata Pembacaan Alat [Qi]	Koreksi [yi]	$[x_i \cdot y_i]$	$[x_i]^2$	Koreksi dari Persamaan Regresi	Residu	Square Residu
						$y_{reg} = a + b[x_i]$	$[y_i - y_{reg}]$	$[y_i - y_{reg}]^2$
(defik)	(L)	(L)	(L)	-	-	(L)	(L)	-
10	0,3100	0,1240	0,1860	0,0577	0,0961	0,1805	0,0055	0,0000
15	0,6100	0,4320	0,1780	0,1086	0,3721	0,1730	0,0050	0,0000
20	0,7600	0,5520	0,2080	0,1581	0,5776	0,1693	0,0387	0,0015
25	0,9800	0,8210	0,1590	0,1558	0,9604	0,1639	-0,0049	0,0000
30	1,2000	1,1320	0,0680	0,0816	1,4400	0,1584	-0,0904	0,0082
35	1,3700	1,1930	0,1770	0,2425	1,8769	0,1542	0,0228	0,0005
40	1,6800	1,4920	0,1880	0,3158	2,8224	0,1466	0,0414	0,0017
45	1,8700	1,7730	0,0970	0,1814	3,4969	0,1419	-0,0449	0,0020
50	2,1900	2,0530	0,1370	0,3000	4,7961	0,1340	0,0030	0,0000
55	2,3400	2,1860	0,1540	0,3604	5,4756	0,1302	0,0238	0,0006
Jumlah	13,3100	11,7580	1,5520	1,9619	21,9141	1,5520	0,0000	0,0146
Rata	1,3310	1,1758	0,1552	0,1962	2,1914	0,1552	0,0000	0,0015



Kode Flow Meter : C  
 Bukan Valve : 1/2

### 1. Pemeriksaan Skala

Range Ukur	Pembacaan Alat [Q <sub>i</sub> ]	Pembacaan Standar [x <sub>i</sub> ]	Koreksi [y <sub>i</sub> ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ] <sup>2</sup>
(detik)	(L)	(L)	(L)	(L)	-
20	0,5500	0,6300	0,0800	0,0400	0,0016
	0,6200	0,6700	0,0500	0,0100	0,0001
	0,5400	0,5600	0,0200	-0,0200	0,0004
	0,5700	0,6000	0,0300	-0,0100	0,0001
	0,5900	0,6100	0,0200	-0,0200	0,0004
Jumlah		3,0700	0,2000	0,0000	0,0026

Rata-Rata Koreksi 0,0400

Standar Deviasi 0,0255

A-14

## 2. Pembacaan Berulang

Range ukur	Pembacaan Standar [xi]	Rata-rata Pembacaan Alat [Qi]	Koreksi [yi]	$[x_i \cdot y_i]$	$[x_i]^2$	Koreksi dari Persamaan Regresi	Residu	Square Residu
						$y_{reg} = a + b[x_i]$	$[y_i - y_{reg}]$	$[y_i - y_{reg}]^2$
(defik)	(L)	(L)	(L)	-	-	(L)	(L)	-
10	0,2400	0,1520	0,0880	0,0211	0,0576	0,0804	0,0076	0,0001
15	0,4000	0,2440	0,1560	0,0624	0,1600	0,0827	0,0733	0,0054
20	0,6200	0,5520	0,0680	0,0422	0,3844	0,0858	-0,0178	0,0003
25	0,7400	0,6630	0,0770	0,0570	0,5476	0,0875	-0,0105	0,0001
30	0,8300	0,8250	0,0050	0,0042	0,6889	0,0888	-0,0838	0,0070
35	1,0800	1,0230	0,0570	0,0616	1,1664	0,0923	-0,0353	0,0012
40	1,4700	1,3420	0,1280	0,1882	2,1609	0,0979	0,0301	0,0009
45	1,7400	1,5530	0,1870	0,3254	3,0276	0,1017	-0,0853	0,0073
50	1,9100	1,8420	0,0680	0,1299	3,6481	0,1041	-0,0361	0,0013
55	2,2300	2,1340	0,0960	0,2141	4,9729	0,1087	-0,0127	0,0002
Jumlah	11,2600	10,3300	0,9300	1,1059	16,8144	0,9300	0,0000	0,0238
Rata	1,1260	1,0330	0,0930	0,1106	1,6814	0,0930	0,0000	0,0024



Kode *Flow Meter* : D  
 Bukan *Valve* : ½

### 1. Pemeriksaan Skala

Range Ukur	Pembacaan Alat [Q <sub>i</sub> ]	Pembacaan Standar [x <sub>i</sub> ]	Koreksi [y <sub>i</sub> ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ] <sup>2</sup>
(detik)	(L)	(L)	(L)	(L)	-
20	0,3900	0,4000	0,0100	-0,0300	0,0009
	0,3700	0,4300	0,0600	0,0200	0,0004
	0,3500	0,3900	0,0400	0,0000	0,0000
	0,3200	0,3700	0,0500	0,0100	0,0001
	0,4100	0,4500	0,0400	0,0000	0,0000
Jumlah		2,0400	0,2000	0,0000	0,0014

Rata-Rata Koreksi : 0,0400  
 Standar Deviasi : 0,0187



## 2. Pembacaan Berulang

Range ukur	Pembacaan Standar [xi]	Rata-rata Pembacaan Alat [Qi]	Koreksi [yi]	$[x_i \cdot y_i]$	$[x_i]^2$	Koreksi dari Persamaan Regresi	Residu	Square Residu
						$y_{reg} = a + b[x_i]$	$[y_i - y_{reg}]$	$[y_i - y_{reg}]^2$
(defik)	(L)	(L)	(L)	-	-	(L)	(L)	-
10	0,1300	0,1130	0,0170	0,0022	0,0169	0,0618	-0,0448	0,0020
15	0,2100	0,1780	0,0320	0,0067	0,0441	0,0646	-0,0326	0,0011
20	0,4200	0,3750	0,0450	0,0189	0,1764	0,0718	-0,0268	0,0007
25	0,5300	0,4710	0,0590	0,0313	0,2809	0,0756	-0,0166	0,0003
30	0,8100	0,6410	0,1690	0,1369	0,6561	0,0853	0,0837	0,0070
35	0,9900	0,8560	0,1340	0,1327	0,9801	0,0915	0,0425	0,0018
40	1,1700	1,0320	0,1380	0,1615	1,3689	0,0977	0,0403	0,0016
45	1,4800	1,3580	0,1220	0,1806	2,1904	0,1085	0,0135	0,0002
50	1,7900	1,6260	0,1640	0,2936	3,2041	0,1192	0,0448	0,0020
55	2,1600	2,1320	0,0280	0,0605	4,6656	0,1319	-0,1039	0,0108
Jumlah	9,6900	8,7820	0,9080	1,0247	13,5835	0,9080	0,0000	0,0275
Rata	0,9690	0,8782	0,0908	0,1025	1,3584	0,0908	0,0000	0,0027

Kode Flow Meter : A  
 Bukan Valve :  $\frac{3}{4}$

### 1. Pemeriksaan Skala

Range Ukur	Pembacaan Alat [Q <sub>i</sub> ]	Pembacaan Standar [x <sub>i</sub> ]	Koreksi [y <sub>i</sub> ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ] <sup>2</sup>
(detik)	(L)	(L)	(L)	(L)	-
20	0,3700	0,4500	0,0800	0,0160	0,0003
	0,3300	0,3900	0,0600	-0,0040	0,0000
	0,3800	0,4400	0,0600	-0,0040	0,0000
	0,4000	0,4700	0,0700	0,0060	0,0000
	0,4100	0,4600	0,0500	-0,0140	0,0002
Jumlah		2,2100	0,3200	0,0000	0,0005

Rata-Rata Koreksi 0,0640

Standar Deviasi 0,0114



A-18

## 2. Pembacaan Berulang

Range ukur	Pembacaan Standar [xi]	Rata-rata Pembacaan Alat [Qi]	Koreksi [yi]	[xi.yi]	[xi] <sup>2</sup>	Koreksi dari Persamaan Regresi yreg = a+b[xi]	Residu [yi-y <sub>reg</sub> ]	Square Residu [yi-y <sub>reg</sub> ] <sup>2</sup>
(defik)	(L)	(L)	(L)	-	-	(L)	(L)	-
10	0,1600	0,0000	0,1600	0,0256	0,0256	0,1044	0,0556	0,0031
15	0,2500	0,2130	0,0370	0,0093	0,0625	0,1052	-0,0682	0,0046
20	0,4400	0,3820	0,0580	0,0255	0,1936	0,1068	-0,0488	0,0024
25	0,7600	0,5790	0,1810	0,1376	0,5776	0,1095	0,0715	0,0051
30	1,0300	0,7980	0,2320	0,2390	1,0609	0,1118	0,1202	0,0145
35	1,3100	1,2830	0,0270	0,0354	1,7161	0,1141	-0,0871	0,0076
40	1,5200	1,4670	0,0530	0,0806	2,3104	0,1159	-0,0629	0,0040
45	1,7500	1,6780	0,0720	0,1260	3,0625	0,1179	-0,0459	0,0021
50	1,9900	1,8390	0,1510	0,3005	3,9601	0,1199	0,0311	0,0010
55	2,3100	2,1530	0,1570	0,3627	5,3361	0,1226	0,0344	0,0012
Jumlah	11,5200	10,3920	1,1280	1,3420	18,3054	1,1280	0,0000	0,0455
Rata	1,1520	1,0392	0,1128	0,1342	1,8305	0,1128	0,0000	0,0045



Kode *Flow Meter* : B  
 Bukan *Valve* :  $\frac{3}{4}$

### 1. Pemeriksaan Skala

Range Ukur	Pembacaan Alat [Q <sub>i</sub> ]	Pembacaan Standar [x <sub>i</sub> ]	Koreksi [y <sub>i</sub> ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ] <sup>2</sup>
(detik)	(L)	(L)	(L)	(L)	-
20	0,7300	0,8000	0,0700	0,0140	0,0002
	0,7700	0,7900	0,0200	-0,0360	0,0013
	0,7200	0,7700	0,0500	-0,0060	0,0000
	0,7300	0,7700	0,0400	-0,0160	0,0003
	0,7100	0,8100	0,1000	0,0440	0,0019
Jumlah		3,9400	0,2800	0,0000	0,0037

Rata-Rata Koreksi 0,0560

Standar Deviasi 0,0305

## 2. Pembacaan Berulang

Range ukur	Pembacaan Standar [xi]	Rata-rata Pembacaan Alat [Qi]	Koreksi [yi]	$[x_i \cdot y_i]$	$[x_i]^2$	Koreksi dari Persamaan Regresi	Residu	Square Residu
						$y_{reg} = a + b[x_i]$	$[y_i - y_{reg}]$	$[y_i - y_{reg}]^2$
(defik)	(L)	(L)	(L)	-	-	(L)	(L)	-
10	0,3200	0,2030	0,1170	0,0374	0,1024	0,0887	0,0283	0,0008
15	0,6100	0,4980	0,1120	0,0683	0,3721	0,0902	0,0218	0,0005
20	0,7900	0,7320	0,0580	0,0458	0,6241	0,0911	-0,0331	0,0011
25	1,0100	0,9980	0,0120	0,0121	1,0201	0,0921	-0,0801	0,0064
30	1,2100	1,1320	0,0780	0,0944	1,4641	0,0931	-0,0151	0,0002
35	1,3900	1,2310	0,1590	0,2210	1,9321	0,0940	0,0650	0,0042
40	1,7200	1,5980	0,1220	0,2098	2,9584	0,0957	0,0263	0,0007
45	1,9800	1,8830	0,0970	0,1921	3,9204	0,0970	0,0000	0,0000
50	2,2200	2,1140	0,1060	0,2353	4,9284	0,0981	0,0079	0,0001
55	2,3900	2,3120	0,0780	0,1864	5,7121	0,0990	-0,0210	0,0004
Jumlah	13,6400	12,7010	0,9390	1,3027	23,0342	0,9390	0,0000	0,0144
Rata	1,3640	1,2701	0,0939	0,1303	2,3034	0,0939	0,0000	0,0014



Kode Flow Meter : C  
 Bukan Valve :  $\frac{3}{4}$

### 1. Pemeriksaan Skala

Range Ukur	Pembacaan Alat [Q <sub>i</sub> ]	Pembacaan Standar [x <sub>i</sub> ]	Koreksi [y <sub>i</sub> ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ] <sup>2</sup>
(detik)	(L)	(L)	(L)	(L)	-
20	0,6300	0,6700	0,0400	-0,0100	0,0001
	0,6200	0,6500	0,0300	-0,0200	0,0004
	0,6000	0,6400	0,0400	-0,0100	0,0001
	0,5400	0,6000	0,0600	0,0100	0,0001
	0,6100	0,6900	0,0800	0,0300	0,0009
Jumlah		3,2500	0,2500	0,0000	0,0016

Rata-Rata Koreksi 0,0500

Standar Deviasi 0,0200



## 2. Pembacaan Berulang

Range ukur	Pembacaan Standar [xi]	Rata-rata Pembacaan Alat [Qi]	Koreksi [yi]	$[x_i, y_i]$	$[x_i]^2$	Koreksi dari Persamaan Regresi	Residu	Square Residu
						$y_{reg} = a + b[x_i]$	$[y_i - y_{reg}]$	$[y_i - y_{reg}]^2$
(defik)	(L)	(L)	(L)	-	-	(L)	(L)	-
10	0,2500	0,1790	0,0710	0,0178	0,0625	0,0828	-0,0118	0,0001
15	0,4100	0,3880	0,0220	0,0090	0,1681	0,0848	-0,0628	0,0039
20	0,6500	0,6310	0,0190	0,0124	0,4225	0,0879	-0,0689	0,0047
25	0,7500	0,5120	0,2380	0,1785	0,5625	0,0891	0,1489	0,0222
30	0,8600	0,7420	0,1180	0,1015	0,7396	0,0905	0,0275	0,0008
35	1,0900	1,0230	0,0670	0,0730	1,1881	0,0935	-0,0265	0,0007
40	1,4800	1,4180	0,0620	0,0918	2,1904	0,0985	-0,0365	0,0013
45	1,7900	1,5930	0,1970	0,3526	3,2041	0,1024	0,0946	0,0089
50	1,9300	1,8160	0,1140	0,2200	3,7249	0,1042	0,0098	0,0001
55	2,2500	2,2160	0,0340	0,0765	5,0625	0,1083	-0,0743	0,0055
Jumlah	11,4600	10,5180	0,9420	1,1330	17,3252	0,9420	0,0000	0,0483
Rata	1,1460	1,0518	0,0942	0,1133	1,7325	0,0942	0,0000	0,0048

Kode Flow Meter : D  
 Bukan Valve :  $\frac{3}{4}$

### 1. Pemeriksaan Skala

Range Ukur	Pembacaan Alat [Q <sub>i</sub> ]	Pembacaan Standar [x <sub>i</sub> ]	Koreksi [y <sub>i</sub> ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ] <sup>2</sup>
(detik)	(L)	(L)	(L)	(L)	-
20	0,3900	0,4400	0,0500	0,0040	0,0000
	0,4200	0,4700	0,0500	0,0040	0,0000
	0,3300	0,3900	0,0600	0,0140	0,0002
	0,4500	0,4800	0,0300	-0,0160	0,0003
	0,4100	0,4500	0,0400	-0,0060	0,0000
Jumlah		2,2300	0,2300	0,0000	0,0005

Rata-Rata Koreksi 0,0460

Standar Deviasi 0,0114



## 2. Pembacaan Berulang

Range ukur	Pembacaan Standar [xi]	Rata-rata Pembacaan Alat [Qi]	Koreksi [yi]	$[x_i, y_i]$	$[x_i]^2$	Koreksi dari Persamaan Regresi $y_{reg} = a + b[x_i]$	Residu [ $y_i - y_{reg}$ ]	Square Residu [ $y_i - y_{reg}$ ] <sup>2</sup>
(defik)	(L)	(L)	(L)	-	-	(L)	(L)	-
10	0,1400	0,1310	0,0090	0,0013	0,0196	0,0365	-0,0275	0,0008
15	0,2300	0,2130	0,0170	0,0039	0,0529	0,0381	-0,0211	0,0004
20	0,4400	0,3250	0,1150	0,0506	0,1936	0,0419	0,0731	0,0053
25	0,5500	0,5210	0,0290	0,0160	0,3025	0,0439	-0,0149	0,0002
30	0,7200	0,6750	0,0450	0,0324	0,5184	0,0469	-0,0019	0,0000
35	0,8900	0,8460	0,0440	0,0392	0,7921	0,0499	-0,0059	0,0000
40	1,2200	1,1420	0,0780	0,0952	1,4884	0,0559	0,0221	0,0005
45	1,5200	1,4890	0,0310	0,0471	2,3104	0,0612	-0,0302	0,0009
50	1,8200	1,7420	0,0780	0,1420	3,3124	0,0666	0,0114	0,0001
55	2,0700	2,0040	0,0660	0,1366	4,2849	0,0711	-0,0051	0,0000
Jumlah	9,6000	9,0880	0,5120	0,5641	13,2752	0,5120	0,0000	0,0084
Rata	0,9600	0,9088	0,0512	0,0564	1,3275	0,0512	0,0000	0,0008



Kode *Flow Meter* : A  
 Bukan *Valve* : 1

### 1. Pemeriksaan Skala

Range Ukur	Pembacaan Alat [Q <sub>i</sub> ]	Pembacaan Standar [x <sub>i</sub> ]	Koreksi [y <sub>i</sub> ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ] <sup>2</sup>
(detik)	(L)	(L)	(L)	(L)	-
20	0,4200	0,4500	0,0300	0,0020	0,0000
	0,4100	0,4300	0,0200	-0,0080	0,0001
	0,4500	0,4900	0,0400	0,0120	0,0001
	0,3700	0,4100	0,0400	0,0120	0,0001
	0,3900	0,4000	0,0100	-0,0180	0,0003
Jumlah		2,1800	0,1400	0,0000	0,0007

Rata-Rata Koreksi 0,0280

Standar Deviasi 0,0130

## 2. Pembacaan Berulang

Range ukur	Pembacaan Standar [xi]	Rata-rata Pembacaan Alat [Qi]	Koreksi [yi]	$[x_i, y_i]$	$[x_i]^2$	Koreksi dari Persamaan Regresi	Residu	Square Residu
						$y_{reg} = a + b[x_i]$	$[y_i - y_{reg}]$	$[y_i - y_{reg}]^2$
(defik)	(L)	(L)	(L)	-	-	(L)	(L)	-
10	0,1700	0,1660	0,0040	0,0007	0,0289	0,0481	-0,0441	0,0019
15	0,2700	0,2540	0,0160	0,0043	0,0729	0,0497	-0,0337	0,0011
20	0,4400	0,4290	0,0110	0,0048	0,1936	0,0524	-0,0414	0,0017
25	0,7700	0,6060	0,1640	0,1263	0,5929	0,0575	0,1065	0,0113
30	1,0400	0,9420	0,0980	0,1019	1,0816	0,0618	0,0362	0,0013
35	1,3200	1,1370	0,1830	0,2416	1,7424	0,0662	0,1168	0,0136
40	1,5300	1,4960	0,0340	0,0520	2,3409	0,0695	-0,0355	0,0013
45	1,7500	1,7460	0,0040	0,0070	3,0625	0,0730	-0,0690	0,0048
50	2,0000	1,9830	0,0170	0,0340	4,0000	0,0769	-0,0599	0,0036
55	2,3200	2,2140	0,1060	0,2459	5,3824	0,0819	0,0241	0,0006
Jumlah	11,6100	10,9730	0,6370	0,8185	18,4981	0,6370	0,0000	0,0413
Rata	1,1610	1,0973	0,0637	0,0819	1,8498	0,0637	0,0000	0,0041



Kode *Flow Meter* : B  
 Bukan *Valve* : 1

### 1. Pemeriksaan Skala

Range Ukur	Pembacaan Alat [Q <sub>i</sub> ]	Pembacaan Standar [x <sub>i</sub> ]	Koreksi [y <sub>i</sub> ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ] <sup>2</sup>
(detik)	(L)	(L)	(L)	(L)	-
20	0,8100	0,8900	0,0800	0,0340	0,0012
	0,7800	0,8200	0,0400	-0,0060	0,0000
	0,7200	0,7600	0,0400	-0,0060	0,0000
	0,7500	0,7800	0,0300	-0,0160	0,0003
	0,7700	0,8100	0,0400	-0,0060	0,0000
Jumlah		4,0600	0,2300	0,0000	0,0015

Rata-Rata Koreksi 0,0460

Standar Deviasi 0,0195



## 2. Pembacaan Berulang

Range ukur	Pembacaan Standar [xi]	Rata-rata Pembacaan Alat [Qi]	Koreksi [yi]	$[x_i \cdot y_i]$	$[x_i]^2$	Koreksi dari Persamaan Regresi	Residu	Square Residu
						$y_{reg} = a + b[x_i]$	$[y_i - y_{reg}]$	$[y_i - y_{reg}]^2$
(defik)	(L)	(L)	(L)	-	-	(L)	(L)	-
10	0,3300	0,2890	0,0410	0,0135	0,1089	0,0438	-0,0028	0,0000
15	0,6300	0,5940	0,0360	0,0227	0,3969	0,0572	-0,0212	0,0004
20	0,8000	0,6290	0,1710	0,1368	0,6400	0,0647	0,1063	0,0113
25	1,0100	0,9940	0,0160	0,0162	1,0201	0,0740	-0,0580	0,0034
30	1,2200	1,1880	0,0320	0,0390	1,4884	0,0834	-0,0514	0,0026
35	1,4000	1,3320	0,0680	0,0952	1,9600	0,0914	-0,0234	0,0005
40	1,7300	1,5430	0,1870	0,3235	2,9929	0,1060	0,0810	0,0066
45	1,9800	1,9420	0,0380	0,0752	3,9204	0,1171	-0,0791	0,0063
50	2,2400	2,0060	0,2340	0,5242	5,0176	0,1287	0,1053	0,0111
55	2,4000	2,3210	0,0790	0,1896	5,7600	0,1358	-0,0568	0,0032
Jumlah	13,7400	12,8380	0,9020	1,4359	23,3052	0,9020	0,0000	0,0454
Rata	1,3740	1,2838	0,0902	0,1436	2,3305	0,0902	0,0000	0,0045

Kode Flow Meter : C  
 Bukan Valve : 1

### 1. Pemeriksaan Skala

Range Ukur	Pembacaan Alat [Q <sub>i</sub> ]	Pembacaan Standar [x <sub>i</sub> ]	Koreksi [y <sub>i</sub> ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ] <sup>2</sup>
(detik)	(L)	(L)	(L)	(L)	-
20	0,6000	0,6600	0,0600	0,0140	0,0002
	0,5400	0,5900	0,0500	0,0040	0,0000
	0,6100	0,6400	0,0300	-0,0160	0,0003
	0,5800	0,6300	0,0500	0,0040	0,0000
	0,6300	0,6700	0,0400	-0,0060	0,0000
Jumlah		3,1900	0,2300	0,0000	0,0005

Rata-Rata Koreksi 0,0460

Standar Deviasi 0,0114



## 2. Pembacaan Berulang

Range ukur	Pembacaan Standar [xi]	Rata-rata Pembacaan Alat [Qi]	Koreksi [yi]	[xi.yi]	[xi] <sup>2</sup>	Koreksi dari Persamaan Regresi yreg = a+b[xi]	Residu [yi-y <sub>reg</sub> ]	Square Residu [yi-y <sub>reg</sub> ] <sup>2</sup>
(defik)	(L)	(L)	(L)	-	-	(L)	(L)	-
10	0,2600	0,2140	0,0460	0,0120	0,0676	0,0294	0,0166	0,0003
15	0,4200	0,3370	0,0830	0,0349	0,1764	0,0301	0,0529	0,0028
20	0,6500	0,6090	0,0410	0,0267	0,4225	0,0311	0,0099	0,0001
25	0,7600	0,7510	0,0090	0,0068	0,5776	0,0316	-0,0226	0,0005
30	0,8600	0,8820	-0,0220	-0,0189	0,7396	0,0320	-0,0540	0,0029
35	1,1000	1,1560	-0,0560	-0,0616	1,2100	0,0331	-0,0891	0,0079
40	1,4900	1,4210	0,0690	0,1028	2,2201	0,0348	0,0342	0,0012
45	1,7800	1,6640	0,1160	0,2065	3,1684	0,0360	0,0800	0,0064
50	1,9400	1,8990	0,0410	0,0795	3,7636	0,0367	0,0043	0,0000
55	2,2700	2,2640	0,0060	0,0136	5,1529	0,0382	-0,0322	0,0010
Jumlah	11,5300	11,1970	0,3330	0,4022	17,4987	0,3330	0,0000	0,0232
Rata	1,1530	1,1197	0,0333	0,0402	1,7499	0,0333	0,0000	0,0023



Kode *Flow Meter* : D  
 Bukan *Valve* : 1

### 1. Pemeriksaan Skala

Range Ukur	Pembacaan Alat [Q <sub>i</sub> ]	Pembacaan Standar [x <sub>i</sub> ]	Koreksi [y <sub>i</sub> ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ]	[y <sub>i</sub> - $\bar{y}_i$ ] <sup>2</sup>
(detik)	(L)	(L)	(L)	(L)	-
20	0,3800	0,4000	0,0200	-0,0100	0,0001
	0,4000	0,4400	0,0400	0,0100	0,0001
	0,4500	0,4800	0,0300	0,0000	0,0000
	0,4500	0,4900	0,0400	0,0100	0,0001
	0,3700	0,3900	0,0200	-0,0100	0,0001
Jumlah		2,2000	0,1500	0,0000	0,0004

Rata-Rata Koreksi 0,0300

Standar Deviasi 0,0100

## 2. Pembacaan Berulang

Range ukur	Pembacaan Standar [xi]	Rata-rata Pembacaan Alat [Qi]	Koreksi [yi]	$[x_i, y_i]$	$[x_i]^2$	Koreksi dari Persamaan Regresi	Residu	Square Residu
						$y_{reg} = a + b[x_i]$	$[y_i - y_{reg}]$	$[y_i - y_{reg}]^2$
(defik)	(L)	(L)	(L)	-	-	(L)	(L)	-
10	0,1500	0,0790	0,0710	0,0107	0,0225	0,0758	-0,0048	0,0000
15	0,2400	0,1890	0,0510	0,0122	0,0576	0,0791	-0,0281	0,0008
20	0,4500	0,2980	0,1520	0,0684	0,2025	0,0868	0,0652	0,0043
25	0,5500	0,4580	0,0920	0,0506	0,3025	0,0904	0,0016	0,0000
30	0,8300	0,6840	0,1460	0,1212	0,6889	0,1007	0,0453	0,0021
35	0,9000	0,8970	0,0030	0,0027	0,8100	0,1032	-0,1002	0,0100
40	1,2200	1,0620	0,1580	0,1928	1,4884	0,1149	0,0431	0,0019
45	1,5100	1,4160	0,0940	0,1419	2,2801	0,1255	-0,0315	0,0010
50	1,8300	1,7130	0,1170	0,2141	3,3489	0,1372	-0,0202	0,0004
55	2,0800	1,9040	0,1760	0,3661	4,3264	0,1463	0,0297	0,0009
Jumlah	9,7600	8,7000	1,0600	1,1807	13,5278	1,0600	0,0000	0,0213
Rata	0,9760	0,8700	0,1060	0,1181	1,3528	0,1060	0,0000	0,0021



**LAMPIRAN B**  
**LISTING PROGRAM MIKROKONTROLER**  
**ARDUINO UNO**

**PENGENDALIAN LEVEL AIR**

```
#define trigPin 3
#define echoPin 5
#define relayPin 4
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(trigPin, OUTPUT);
    pinMode(echoPin, INPUT);
    pinMode(relayPin, OUTPUT);
}

void loop() {
    float Waktu, Jarak, Relay;
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(trigPin, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    Waktu = pulseIn(echoPin, HIGH);
    Jarak = (Waktu/2) /29.1;
    if (Jarak > 15){
        Serial.println("pompa nyala");
        digitalWrite(relayPin, HIGH);
        delayMicroseconds(10);
    }
    else {
        Serial.print(Jarak);
        Serial.print("cm");
        Serial.println();
        digitalWrite(relayPin, LOW);
        delayMicroseconds(10);
    }
}
```



B-2

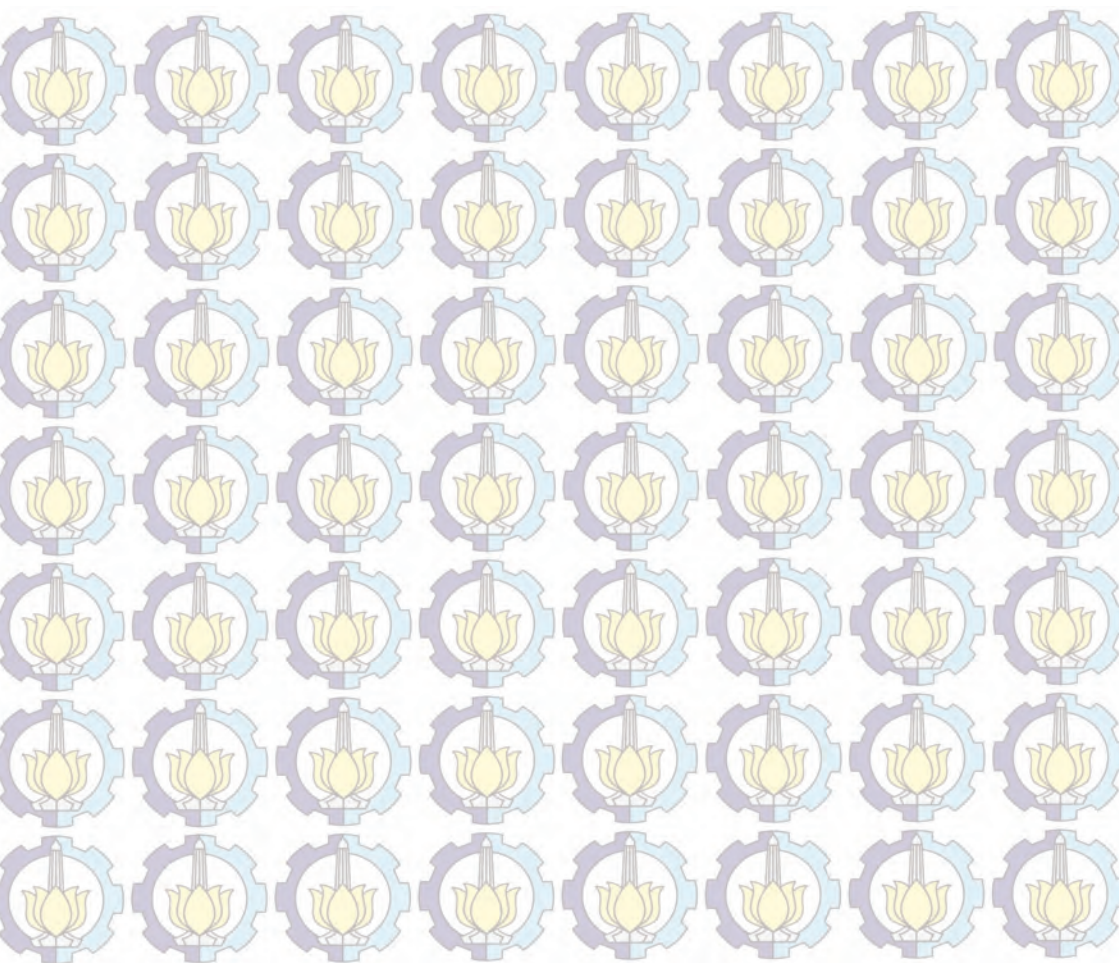
```
}  
delay (1000);  
}
```

## PENGENDALIAN LAJU ALIRAN

```
int ledPin = 13;  
int inPin1 = 2;  
int inPin2 = 4;  
int inPin3 = 7;  
int inPin4 = 8;  
int inPin5 = 12;  
int solenoid1 = 0;  
int solenoid2 = 0;  
int solenoid3 = 0;  
int solenoid4 = 0;  
int solenoid5 = 0;  
  
void setup() {  
  pinMode(ledPin, OUTPUT);  
  pinMode(inPin1, INPUT);  
  pinMode(inPin2, INPUT);  
  pinMode(inPin3, INPUT);  
  pinMode(inPin4, INPUT);  
  pinMode(inPin5, INPUT);  
  Serial.begin(9600);  
}  
  
void loop() {  
  solenoid1 = digitalRead(inPin1);  
  solenoid2 = digitalRead(inPin2);  
  solenoid3 = digitalRead(inPin3);  
  solenoid4 = digitalRead(inPin4);  
  solenoid5 = digitalRead(inPin5);  
  if (solenoid1 == HIGH) {
```

```
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
```

```
    delay(10000);
  }
  else {
    digitalWrite(ledPin, LOW);
  }
  if (solenoid2 == HIGH) {
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
    delay(15000);
  }
  else {
    digitalWrite(ledPin, LOW);
  }
  if (solenoid3 == HIGH) {
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
    delay(20000);
  }
  else {
    digitalWrite(ledPin, LOW);
  }
  if (solenoid4 == HIGH) {
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
    delay(25000);
  }
  else {
    digitalWrite(ledPin, LOW);
  }
  if (solenoid5 == HIGH) {
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
    delay(30000);
  }
  else {
    digitalWrite(ledPin, LOW);
  }
}
```





## LAMPIRAN C

### SERTIVIKAT KALIBRASI GELAS UKUR



Suplemen 2 Pedoman Evaluasi dan Pernyataan  
Ketidakpastian Pengukuran

#### A9. KALIBRASI GELAS UKUR

##### Deskripsi Pengukuran

Kalibrasi gelas dari bahan borosilicate glass berkapasitas 10 ml nilai skala terkecil 0,1 ml menggunakan metode gravimetri. Kalibrasi dilakukan menggunakan timbangan analitik berkapasitas 160 g dengan resolusi 0,0001 g sebagai transfer standar. Timbangan tersebut telah dikalibrasi terhadap standar massa dalam basis massa konvensional, yaitu dengan densitas massa 8000 kg/m<sup>3</sup>, densitas udara 1,2 kg/m<sup>3</sup> dan temperatur ruangan 20 °C. Kalibrasi dilakukan pada lima titik ukur sepanjang rentang gelas ukur yang dikalibrasi. Dalam contoh ini diberikan evaluasi ketidakpastian pengukuran pada titik ukur 5 ml.

##### Model Pengukuran

Persamaan umum untuk menghitung volume pada suhu 20 °C,  $V_{20}$ , dari massa air yang tertampung atau mengalir dari alat ukur volume adalah:

$$V_{20} = \frac{M}{\rho_{air} - \rho_{air} \gamma} \left( 1 - \frac{\rho_{air} \gamma}{\rho_{air}} \right) \gamma \left( \rho_{air} - 20 \right)$$

*CV. Bintang Utama*  
*Laboratory Equipment Specialist*

dimana:

$\Delta R$  adalah setiuh massa bejana dalam keadaan terisi dan dalam keadaan kosong.

$\rho_{udara}$  adalah densitas udara.

$\rho_{air}$  adalah densitas air destilasi.

$\rho_{ref}$  adalah densitas anak timbangan yang digunakan untuk mengkalibrasi timbangan.

$t_{air}$  adalah suhu air destilasi dan  $\gamma$  adalah koefisien muai bahan.

##### Perhitungan koreksi terhadap pembacaan gelas ukur

Proses kalibrasi dilakukan dengan melakukan penimbangan gelas ukur dalam keadaan kosong dan dalam keadaan terisi air destilasi masing-masing 2 kali pengukuran untuk setiap titik ukur.

Densitas air destilasi diperoleh dari pengukuran temperatur air destilasi dan membaca tabel densitas air destilasi. Pengukuran dilakukan setiap kali pengisian gelas ukur.

Kalibrasi dilakukan dalam ruangan yang memenuhi kondisi konvensional penimbangan yaitu temperatur ruang  $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$  dan densitas udara  $(1,2 \pm 0,12) \text{ kg/m}^3$ . Pembacaan timbangan dilakukan tanpa mengaplikasikan koreksi yang tercantum dalam sertifikat timbangan.

Data pengukuran yang diperoleh dari proses kalibrasi adalah:

**Pembacaan timbangan**

Nominal (ml)	R - empty-1 (g)	R + full-1 (g)	R - empty-2 (g)	R - full-2 (g)
1	8,7559	9,7575	8,7561	9,7579
3	8,7556	11,7598	8,7569	11,7599
5	8,756	13,7596	8,757	13,7598
7	8,7559	15,7574	8,7558	15,7581
9	8,7562	17,7582	8,7559	17,7585

**Pengukuran temperatur air destilasi dan densitas air destilasi**

Nominal (ml)	Temperature-1 (°C)	Dens.of water-1 (kg/m <sup>3</sup> )	Temperature-2 (°C)	Dens.of water-2 (kg/m <sup>3</sup> )
1	19,8	998,245	20,1	998,183
3	19,9	998,235	20,1	998,183
5	20,4	998,121	20,3	998,142
7	20,1	998,183	20,1	998,183
9	20,3	998,142	20,2	998,163

Pada titik ukur 5 ml diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut:

Titik ukur (ml)	$\Delta R$	$\rho_{20}$	$\rho_{20}$	V 20 (ml)	Koreksi (ml)
5	5,004	20,560	998,132	5,018	(0,018)

**Evaluasi Ketidakpastian Pengukuran**

Terdapat lima komponen utama ketidakpastian yang harus dievaluasi dalam perhitungan ketidakpastian kalibrasi gelas ukur, yaitu:

1. Ketidakpastian baku massa air destilasi
2. Ketidakpastian baku densitas udara
3. Ketidakpastian baku densitas air destilasi
4. Ketidakpastian baku suhu air destilasi
5. Ketidakpastian baku koefisien muai bahan
6. Ketidakpastian baku dari setting meniskus

**Ketidakpastian baku massa air destilasi**

Terdapat dua komponen yang harus diperhitungkan dalam ketidakpastian baku massa air destilasi, yaitu:

1. Ketidakpastian kalibrasi timbangan

Dalam proses ini, tidak dilakukan koreksi terhadap pembacaan timbangan sehingga ketidakpastian timbangan diambil dari nilai LOP (Limit of Performance) yang tercantum dalam sertifikat kalibrasi timbangan. Sertifikat kalibrasi menyatakan LOP sebesar 1.71 mg pada tingkat kepercayaan 95% dengan  $k = 2$ , sehingga

$$u(\Delta R_g) = LOP / k = 1.71 \text{ mg} / 2 = 0.855 \text{ mg}$$





## 2. Repeatability

Karena pengambilan data kalibrasi dilakukan sebanyak 2 kali untuk setiap titik ukur, maka data ini tidak layak digunakan untuk menghitung ESDM dari kedua pembacaan tersebut, oleh karena itu repeatability diambil dari data *standar deviasi timbangan* yang tercantum dalam sertifikat sebesar 0,071 mg, dan ketidakpastian bakunya dihitung dari:

$$u(\Delta R_s) = \text{stdev timbangan} (2)^{-1/2} = 0,071 \text{ mg} (2^{1/2}) = 0,05 \text{ mg}$$

Dari kedua komponen ketidakpastian tersebut ketidakpastian baku massa air destilasi dapat dihitung sebesar :

$$u^2(\Delta R) = u^2(\Delta R_s) + u^2(\Delta R_g) = 0,86 \text{ mg}$$

## Ketidakpastian baku densitas udara

Kontribusi ketidakpastian densitas udara dihitung dengan mengasumsikan variasi densitas udara laboratorium 10% dari densitas udara penimbangan massa konvensional, yaitu 1,2 kg/m<sup>3</sup> [5], dan diasumsikan distribusinya rectangular maka

$$u(\rho_{\text{udara}}) = 0,12 \cdot (3)^{1/2} \text{ kg/m}^3$$

## Ketidakpastian baku densitas air destilasi

Densitas air destilasi ditentukan dengan mengukur suhu air destilasi, dari data tersebut densitas air destilasi ditentukan menurut tabel densitas air destilasi berdasarkan Australia Standar 2849 [4], dimana ketidakpastian baku (standard uncertainty) dari tabel tersebut adalah 0,05 kg/m<sup>3</sup>, sehingga :

$$u(\rho_{\text{air}}) = 0,05 \text{ kg/m}^3$$

## Ketidakpastian baku densitas acuan pembacaan timbangan

Dalam pengukuran volume dengan menggunakan metode gravimetrik, timbangan merupakan transfer standar yang menghubungkan hasil pengukuran volume dengan standar satuan dasar massa. Kalibrasi timbangan dilakukan terhadap standar massa dengan basis penimbangan konvensional, dimana penimbangan massa konvensional dilakukan dalam kondisi tertentu yang memenuhi densitas udara 1,2 kg/m<sup>3</sup>, densitas anak timbangan 8000 kg/m<sup>3</sup> dan suhu udara 20 °C [5], sehingga pembacaan



timbangan terkait dengan standar massa yang mempunyai densitas sebesar 8000 kg/m<sup>3</sup>. Dengan asumsi bahwa ketidakpastian dari densitas anak timbangan mempunyai semi-range sebesar 10% dari nilai 8000 kg/m<sup>3</sup> maka :

$$u(\rho_{AT}) = 8000 (3)^{1/2} \quad \text{kg/m}^3$$

#### Ketidakpastian baku suhu air destilasi

Suhu air destilasi diukur menggunakan thermometer gelas yang terkalibrasi. Dalam sertifikat kalibrasi tertera ketidakpastian serta faktor cakupan (k), maka :

$$u(t_{\text{air}}) = U_{\text{thermometer}} / k$$

#### Ketidakpastian baku koefisien muai bahan

Borosilicate glass mempunyai koefisien muai bahan 10<sup>-6</sup> /°C sedangkan soda lime glass mempunyai koefisien muai bahan 0.00025 /°C. Bahan yang digunakan dapat dilihat dalam spesifikasi yang dibuat oleh pabrik pembuatnya. Dengan asumsi ketidakpastian koefisien muai bahan mempunyai semirange sebesar 10% dari koefisien muai bahan yang digunakan, maka :

$$u(\gamma) = \text{koef. muai bahan} \cdot (3)^{1/2} \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$$

#### Ketidakpastian baku dari setting meniskus

Dalam proses kalibrasi gelas ukur setting meniskus diasumsikan berada dalam batas variabilitas ±10 x nilai skala terkecil gelas ukur sebagai semi-range untuk distribusi rectangular, sehingga:

$$u(\text{meniskus}) = [(1 \cdot 10) \times 0.1] / [2 \times 3^{1/2}] = 0.003 \text{ ml}$$

#### Ketidakpastian baku gabungan

Ketidakpastian baku gabungan dari hasil kalibrasi gelas ukur dapat dinyatakan dalam persamaan berikut

$$u^2(V_{20}) = \left( \frac{\partial V_{20}}{\partial \Delta R} u(\Delta R) \right)^2 + \left( \frac{\partial V_{20}}{\partial \rho_{udara}} u(\rho_{udara}) \right)^2 + \left( \frac{\partial V_{20}}{\partial \rho_{air}} u(\rho_{air}) \right)^2 + \left( \frac{\partial V_{20}}{\partial \rho_{AT}} u(\rho_{AT}) \right)^2 + \left( \frac{\partial V_{20}}{\partial t_{air}} u(t_{air}) \right)^2 + \left( \frac{\partial V_{20}}{\partial \gamma} u(\gamma) \right)^2 + u^2(\text{meniskus})$$

dimana koefisien sensitifitas yang diperoleh dari diferensial parsial untuk setiap komponen ketidakpastian adalah:

$$\frac{\partial V_{20}}{\partial \Delta R} = \frac{(\rho_{AT} - \rho_{udara})}{\rho_{AT} (\rho_{air} - \rho_{udara})} (1 - \gamma(t_{air} - 20^\circ))$$

$$\frac{\partial V_{20}}{\partial \rho_{udara}} = \Delta R \frac{(\rho_{AT} - \rho_{udara})}{\rho_{AT} (\rho_{air} - \rho_{udara})^2} (1 - \gamma (t_{air} - 20^\circ))$$

$$\frac{\partial V_{20}}{\partial \rho_{air}} = -\Delta R \frac{(\rho_{AT} - \rho_{udara})}{\rho_{AT} (\rho_{air} - \rho_{udara})^2} (1 - \gamma (t_{air} - 20^\circ))$$

$$\frac{\partial V_{20}}{\partial \rho_{AT}} = \Delta R \frac{\rho_{udara}}{\rho_{AT}^2 (\rho_{air} - \rho_{udara})} (1 - \gamma (t_{air} - 20^\circ))$$

$$\frac{\partial V_{20}}{\partial t_{udara}} = -\Delta R \frac{(\rho_{AT} - \rho_{udara})}{\rho_{AT} (\rho_{air} - \rho_{udara})^2} \gamma$$

$$\frac{\partial V_{20}}{\partial \gamma} = \Delta R \frac{(\rho_{AT} - \rho_{udara})}{\rho_{AT} (\rho_{air} - \rho_{udara})^2} (20 - t_{air})$$

Ketidakpastian baku gabungan

Dengan memasukkan data kalibrasi ke dalam persamaan diatas diperoleh nilai:

$$u_c(V_{20}) = 0,003 \text{ ml}$$

Ketidakpastian bentangan

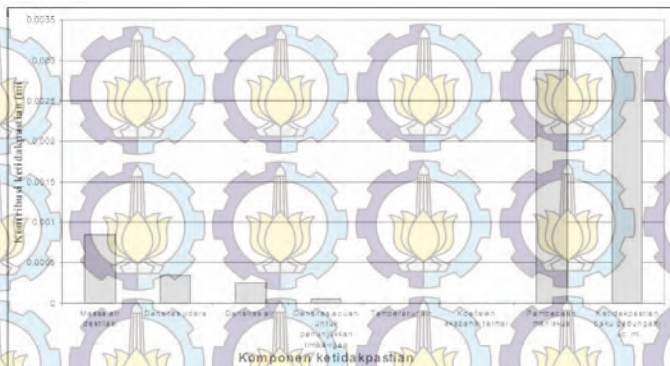
Dengan asumsi mempunyai distribusi normal maka faktor cakupan pada tingkat kepercayaan 95% dapat diestimasi mempunyai nilai k=2, sehingga:

$$U = 0,006 \text{ ml}$$

Tabel Kontribusi Ketidakpastian

Komponen	Satuan	Distribusi	U	Pembagi	vi	uf	ci	(uic)1	(uic)2	(uic)4/vi
Massa air destilasi	g	Normal	8,51E-07	1,00	30,00	0,00	0,00100	8,5E-04	7,24E-07	1,75E-14
Densitas udara	kg/m <sup>3</sup>	Rectangular	0,069	1,00	1,00E+10	0,07	5,03E-09	3,8E-04	1,22E-07	1,48E-24
Densitas air	kg/m <sup>3</sup>	Normal	0,050	1,00	1,00E+10	0,05	-5,03E-09	2,5E-04	6,33E-08	4,01E-25
Densitas acetan	kg/m <sup>3</sup>	-	461,88	1,00	5,00E+00	461,880	9,411E-14	4,3E-05	4,89E-09	7,14E-19
Untuk penunjukkan timbangan										
Temperatur air	°C	Rectangular	0,030	1,00	~1,00E+10	0,030	-5,020E-11	1,5E-06	2,27E-12	5,14E-14
Koefisien ekspansi termal	°C	Rectangular	0,000	1,00	1,00E+10	0,000	-1,760E-06	1,0E-06	1,03E-12	1,06E-34
Pembacaan mikroskop	(ml)	Rectangular	0,005	1,73	1,00E+10	0,003	1,000E+00	2,9E-03	8,33E-06	16,94E-21
Sisa								9,24E-06		-3,40E-14
Ketidakpastian baku gabungan, u <sub>c</sub> , ml								0,0030		
Derajat kebebasan efektif, v <sub>eff</sub>								2517		
Faktor cakupan, k-student's for v <sub>eff</sub> and CL 95 %								2		
Ketidakpastian bentangan, U = k <sub>uc</sub> , ml								0,006		



**Grafik kontribusi ketidakpastian**

**Pelaporan hasil kalibrasi**

Dari keseluruhan proses di atas maka hasil kalibrasi dapat dilaporkan sebagai berikut:

Volume Nominal (ml)	$V_m$ (ml)	Koreksi (mg)	Ketidakpastian (ml)
5	5.018	0.018	0.006

Ketidakpastian yang dilaporkan adalah ketidakpastian bentangan pada tingkat kepercayaan 95 % dengan faktor cakupan  $k=2$

Fax. : +62-711-718959

Website: [www.bintangutama.net](http://www.bintangutama.net)

Email: [sales@bintangutama.net](mailto:sales@bintangutama.net)



# LAMPIRAN D

## KUMPULAN DATA SHEET

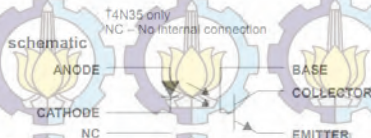
4N35, 4N36, 4N37  
OPTOCOUPLEDERS

SOES021C - NOVEMBER 1981 - REVISED APRIL 1998

### COMPATIBLE WITH STANDARD TTL INTEGRATED CIRCUITS

- Gallium-Arsenide-Diode Infrared Source Optically Coupled to a Silicon npn Phototransistor
- High Direct-Current Transfer Ratio
- High-Voltage Electrical Isolation  
1.5-kV, 2.5-kV, or 3.55-kV Rating
- High-Speed Switching  
 $t_r = 7 \mu s$ ,  $t_f = 7 \mu s$  Typical
- Typical Applications Include Remote Terminal Isolation, SCR and Triac Triggers, Mechanical Relays and Pulse Transformers
- Safety Regulatory Approval  
UL/CUL, File No. E65085

#### DCJT OR 6-TERMINAL DUAL-IN-LINE PACKAGE (TOP VIEW)



absolute maximum ratings at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)<sup>†</sup>

Input-to-output peak voltage (8-ms half sine wave):	4N35	3.55 kV
	4N36	2.5 kV
	4N37	1.5 kV
Input-to-output root-mean-square voltage (8-ms half sine wave):	4N35	2.5 kV
	4N36	1.75 kV
	4N37	1.05 kV
Collector-base voltage		70 V
Collector-emitter voltage (see Note 1)		80 V
Emitter-base voltage		7 V
Input-diode reverse voltage		6 V
Input-diode forward current: Continuous		60 mA
Peak (1 $\mu s$ -300 pps)		3 A
Phototransistor continuous collector current		100 mA
Continuous total power dissipation at (or below) 25°C free-air temperature:		
Infrared-emitting diode (see Note 2)		100 mW
Phototransistor (see Note 3)		399 mW
Continuous power dissipation at (or below) 25°C lead temperature:		
Infrared-emitting diode (see Note 4)		100 mW
Phototransistor (see Note 5)		509 mW
Operating temperature range, $T_A$		-55°C to 100°C
Storage temperature range, $T_{stg}$		-55°C to 150°C
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds		280°C

<sup>†</sup> Stresses beyond those listed under absolute maximum ratings may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these conditions is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTES: 1. This value applies when the base-emitter diode is open-circuited.

2. Derate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 1.53 mW/°C.

3. Derate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 4 mW/°C.

4. Derate linearly to 100°C lead temperature at the rate of 1.33 mW/°C. Lead temperature is measured on the collector lead 0.6 mm (1/32 inch) from the case.

5. Derate linearly to 100°C lead temperature at the rate of 6.9 mW/°C.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.



TEXAS  
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 1998, Texas Instruments Incorporated

## 4N35, 4N36, 4N37 OPTOCOUPERS

SOES021C - NOVEMBER 1981 - REVISED APRIL 1998

### electrical characteristics at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_{(BR)CBO}$ Collector-base breakdown voltage	$I_C = 100 \mu A$ , $I_E = 0$ , $I_F = 0$	70†			V
$V_{(BR)CEO}$ Collector-emitter breakdown voltage	$I_C = 10 \text{ mA}$ , $I_B = 0$ , $I_F = 0$	30†			V
$V_{(BR)EBO}$ Emitter-base breakdown voltage	$I_E = 100 \mu A$ , $I_C = 0$ , $I_F = 0$	7†			V
$I_R$ Input diode static reverse current	$V_R = 6 \text{ V}$			10†	$\mu A$
$I_{IO}$ Input-to-output current	$V_{IO} = \text{rated peak value}$ , $t = 8 \text{ ms}$			100	mA
$I_{C(on)}$ On-state collector current	$V_{CE} = 10 \text{ V}$ , $I_F = 10 \text{ mA}$ , $I_B = 0$		10†		
	$V_{CE} = 10 \text{ V}$ , $I_F = 10 \text{ mA}$ , $I_B = 0$ , $T_A = -55^\circ \text{C}$		4†		mA
	$V_{CE} = 10 \text{ V}$ , $I_F = 10 \text{ mA}$ , $I_B = 0$ , $T_A = 100^\circ \text{C}$		4†		
$I_{C(off)}$ Off-state collector current	$V_{CE} = 10 \text{ V}$ , $I_F = 0$ , $I_B = 0$		1	50	nA
	$V_{CE} = 30 \text{ V}$ , $I_F = 0$ , $I_B = 0$ , $T_A = 100^\circ \text{C}$			500†	$\mu A$
$h_{FE}$ Transistor static forward current transfer ratio	$V_{CE} = 5 \text{ V}$ , $I_C = 10 \text{ mA}$ , $I_F = 0$			500†	
$V_F$ Input diode static forward voltage	$I_F = 10 \text{ mA}$	0.8†		1.6†	
	$I_F = 10 \text{ mA}$ , $T_A = -55^\circ \text{C}$		0.9†	1.7†	V
	$I_F = 10 \text{ mA}$ , $T_A = 100^\circ \text{C}$		0.7†	1.4†	
$V_{CE(sat)}$ Collector-emitter saturation voltage	$I_C = 0.5 \text{ mA}$ , $I_F = 10 \text{ mA}$ , $I_B = 0 \text{ mA}$			0.3†	V
$r_{IO}$ Input-to-output internal resistance	$V_{IO} = 500 \text{ V}$ , See Note 6	1011†			$\Omega$
$C_{IO}$ Input-to-output capacitance	$V_{IO} = 0$ , $f = 1 \text{ MHz}$ , See Note 6	1		2.5†	pF

† JEDEC registered data

NOTE 6: These parameters are measured between both input-diode leads shorted together and all the phototransistor leads shorted together.

### switching characteristics at 25°C free-air temperature†

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$t_{on}$ Time-on time	$V_{CE} = 10 \text{ V}$ , $I_{C(on)} = 2 \text{ mA}$		7	10	$\mu s$
$t_{off}$ Turn-off time	$R_L = 100 \Omega$ , See Figure 1		7	10	

† JEDEC registered data


**TEXAS  
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265



# 4N35, 4N36, 4N37 OPTOCOUPERS

SOES021C - NOVEMBER 1981 - REVISED APRIL 1998

## PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

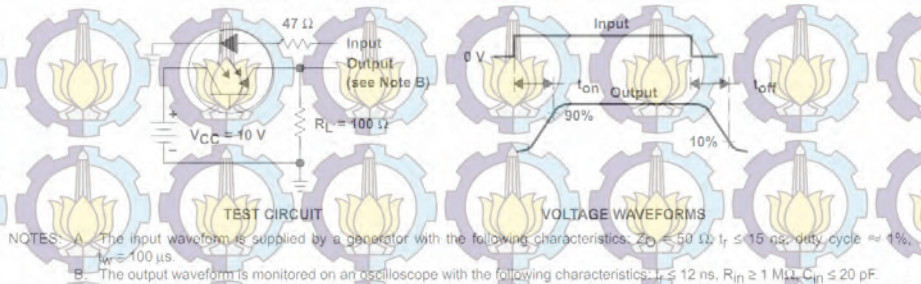


Figure 1. Switching Times

## TYPICAL CHARACTERISTICS

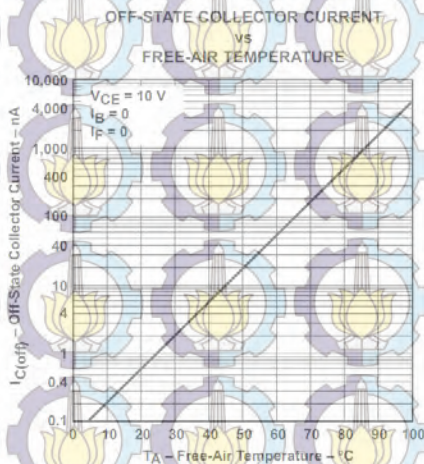


Figure 2

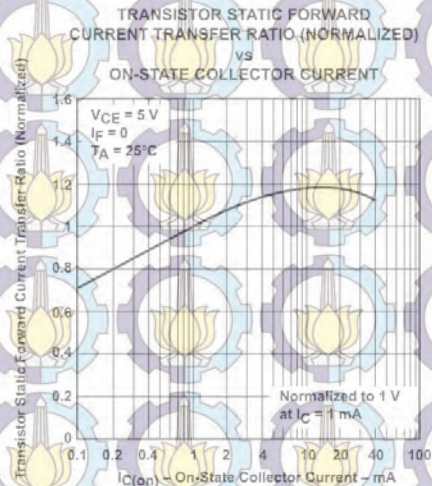


Figure 3


**TEXAS  
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

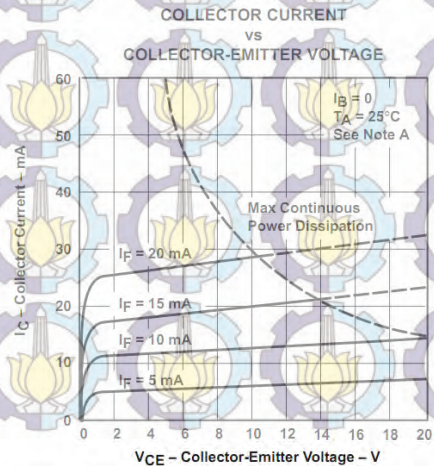
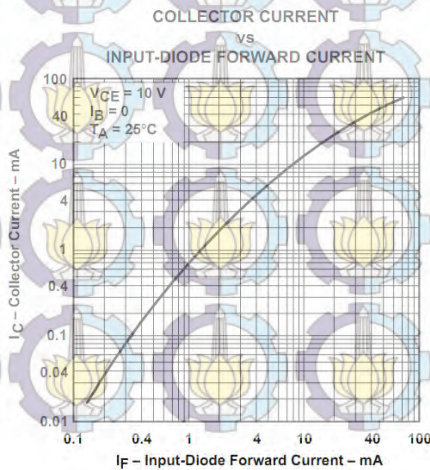
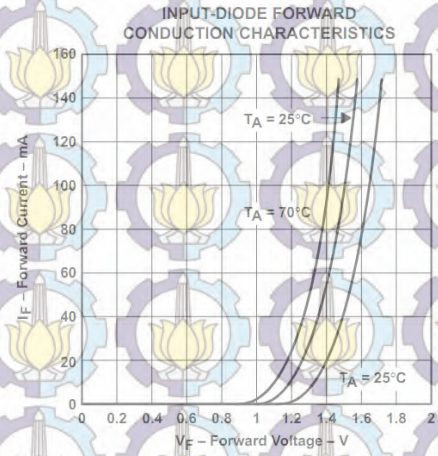
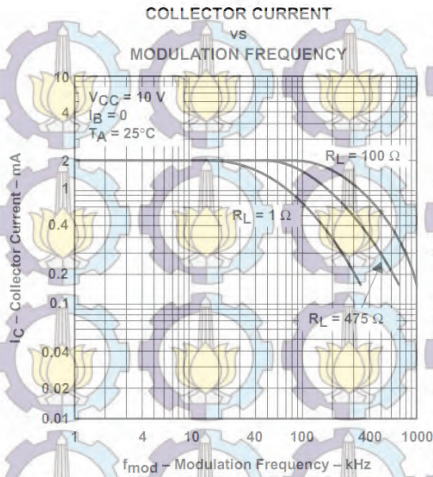


## D-4

### 4N35, 4N36, 4N37 OPTOCOUPERS

SOES021C – NOVEMBER 1981 – REVISED APRIL 1998

#### TYPICAL CHARACTERISTICS

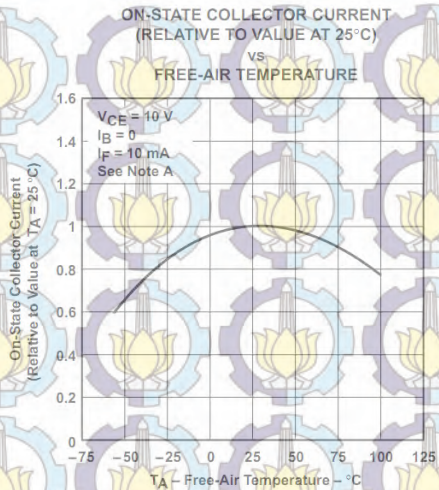


NOTE A. Pulse operation of input diode is required for operation beyond limits shown by dotted lines.

# 4N35, 4N36, 4N37 OPTOCOUPLEDERS

SOES021C – NOVEMBER 1981 – REVISED APRIL 1998

## TYPICAL CHARACTERISTICS



NOTE A. These parameters were measured using pulse techniques,  $t_W = 1\text{ ms}$ , duty cycle  $\leq 2\%$ .

Figure 8

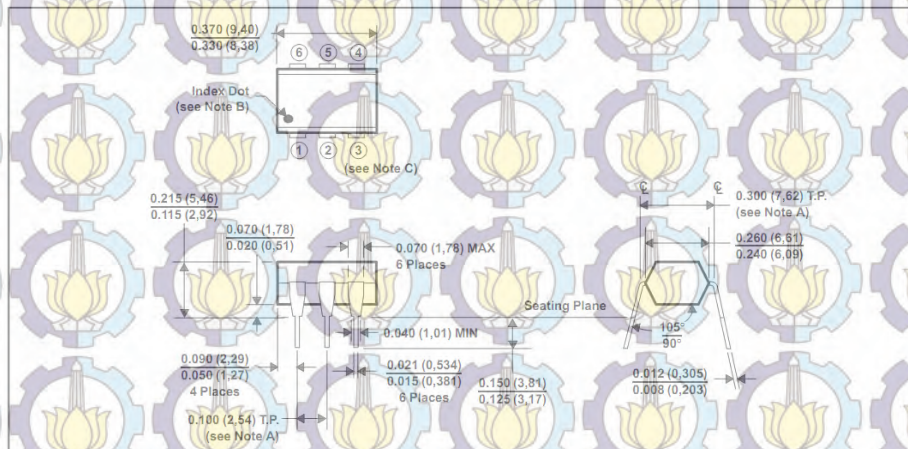


# 4N35, 4N36, 4N37 OPTOCOUPERS

SOES021C – NOVEMBER 1981 – REVISED APRIL 1998

## APPLICATION INFORMATION

The devices consist of a gallium-arsenide infrared-emitting diode and an npn silicon phototransistor. Each device is available in a 6-terminal plastic dual-in-line package, shown in Figure 9, or in a DCJ plastic dual surface-mount optocoupler package (see Mechanical Data).



- NOTES: A. Terminals are within 0.005 (0.13) radius of true position (T.P.) with maximum material condition and unit installed.  
 B. Terminal 1 identified by index dot.  
 C. The dimensions given fall within JEDEC MO-001 AM dimensions.  
 D. All linear dimensions are in inches (millimeters).

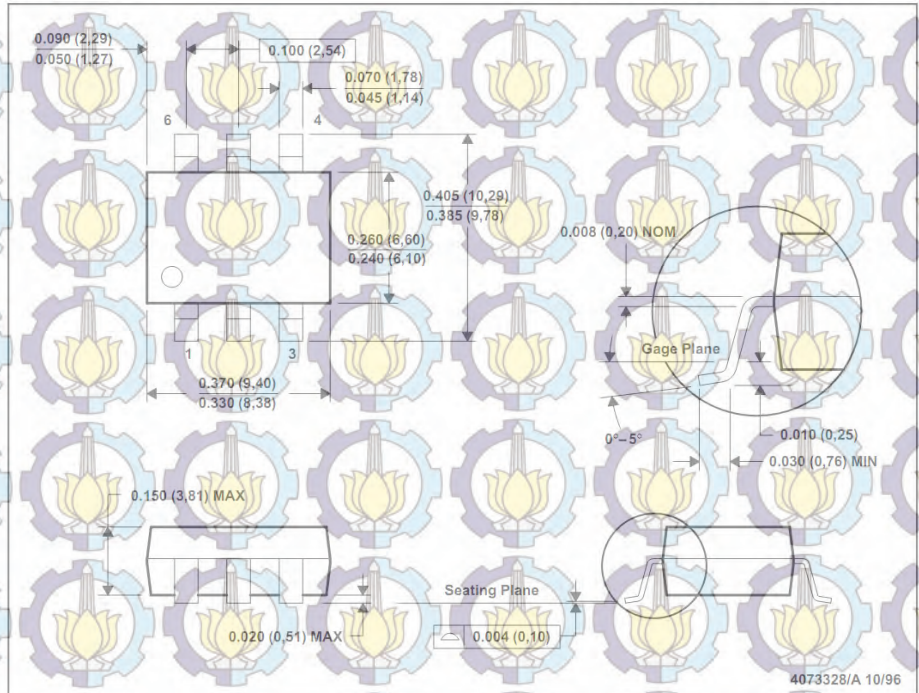
Figure 9. Plastic Dual-in-Line Package



## MECHANICAL DATA

DCJ (R-PDSO-G6)

PLASTIC DUAL SMALL-OUTLINE OPTOCOUPLER



- NOTES: A. All linear dimensions are in inches (millimeters).  
 B. This drawing is subject to change without notice.  
 C. Terminal 1 identified by index dot.



## NPN SILICON TRANSISTORS

Type	Marking
BD135	BD135
BD135-10	BD135-10
BD135-16	BD135-16
BD139	BD139
BD139-10	BD139-10
BD139-16	BD139-16

### ■ STMicroelectronics PREFERRED SALESTYPES

### DESCRIPTION

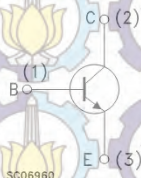
The BD135 and BD139 are silicon Epitaxial Planar NPN transistors mounted in Jedec SOT-32 plastic package, designed for audio amplifiers and drivers utilizing complementary or quasi-complementary circuits.

The complementary PNP types are BD136 and BD140 respectively.



SOT-32

### INTERNAL SCHEMATIC DIAGRAM



### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value		Unit
		BD135	BD139	
$V_{CB0}$	Collector-Base Voltage ( $I_E = 0$ )	45	80	V
$V_{CE0}$	Collector-Emitter Voltage ( $I_B = 0$ )	45	80	V
$V_{EB0}$	Emitter-Base Voltage ( $I_C = 0$ )		5	V
$I_C$	Collector Current	1.5		A
$I_{CW}$	Collector Peak Current	3		A
$I_B$	Base Current	0.5		A
$P_{tot}$	Total Dissipation at $T_c \leq 25^\circ\text{C}$	12.5		W
$P_{tot}$	Total Dissipation at $T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$	1.25		W
$T_{stg}$	Storage Temperature	-65 to 150		$^\circ\text{C}$
$T_J$	Max. Operating Junction Temperature	150		$^\circ\text{C}$



## BD135 / BD139

## THERMAL DATA

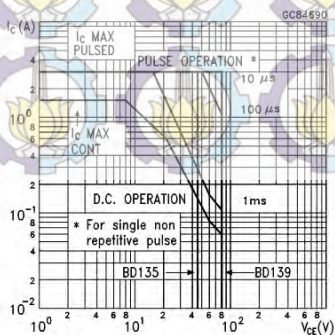
$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	10	$^{\circ}C/W$
----------------	----------------------------------	-----	----	---------------

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_{case} = 25^{\circ}C$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$I_{CEO}$	Collector Cut-off Current ( $I_E = 0$ )	$V_{CE} = 30\text{ V}$ $V_{CE} = 30\text{ V}$ $T_C = 125^{\circ}C$			0.1 10	$\mu A$ $\mu A$
$I_{EBO}$	Emitter Cut-off Current ( $I_C = 0$ )	$V_{EB} = 5\text{ V}$			10	$\mu A$
$V_{CE(sus)*}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage ( $I_B = 0$ )	$I_C = 30\text{ mA}$ for BD135 for BD139	45 80			V V
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 0.5\text{ A}$ $I_B = 0.05\text{ A}$			0.5	V
$V_{BE*}$	Base-Emitter Voltage	$I_C = 0.5\text{ A}$ $V_{CE} = 2\text{ V}$			1	V
$h_{FE*}$	DC Current Gain	$I_C = 5\text{ mA}$ $V_{CE} = 2\text{ V}$ $I_C = 150\text{ mA}$ $V_{CE} = 2\text{ V}$ $I_C = 0.5\text{ A}$ $V_{CE} = 2\text{ V}$	25 40 25		250	
$h_{FE}$	$h_{FE}$ Groups	$I_C = 150\text{ mA}$ $V_{CE} = 2\text{ V}$ for BD135/BD139 group-10 for BD135/BD139 group-16	63 100		160 250	

\* Pulsed: Pulse duration = 300  $\mu s$ , duty cycle 1.5 %

## Safe Operating Area





SOT-32 (TO-126) MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	7.4		7.8	0.291		0.307
B	10.5		10.8	0.413		0.425
b	0.7		0.9	0.028		0.035
b1	0.40		0.65	0.015		0.025
C	2.4		2.7	0.094		0.106
c1	1.0		1.3	0.039		0.051
D	15.4		16.0	0.606		0.630
e		2.2			0.087	
e3		4.4			0.173	
F		3.8			0.150	
G	3		3.2	0.118		0.126
H			2.54			0.100
H2		2.15			0.084	
L		1.27			0.05	
O		0.3			0.011	
V		10°			10°	

1: Base  
2: Collector  
3: Emitter

0016114/B



# 1N4001 - 1N4007

## 1.0A RECTIFIER

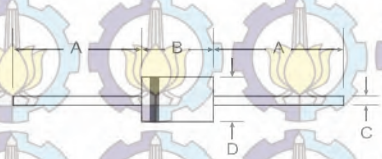
[Please click here to visit our online spice models database.](#)

### Features

- Diffused Junction
- High Current Capability and Low Forward Voltage Drop
- Surge Overload Rating to 30A Peak
- Low Reverse Leakage Current
- Lead Free Finish, RoHS Compliant (Note 3)

### Mechanical Data

- Case: DO-41
- Case Material: Molded Plastic, UL Flammability Classification Rating 94V-0
- Moisture Sensitivity: Level 1 per J-STD-020D
- Terminals: Finish - Bright Tin, Plated Leads Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Polarity: Cathode Band
- Mounting Position: Any
- Ordering Information: See Page 2
- Marking: Type Number
- Weight: 0.30 grams (approximate)



Dim	DO-41 Plastic	
	Min	Max
A	25.40	—
B	4.96	5.21
C	0.71	0.864
D	2.00	2.72

All Dimensions in mm

### Maximum Ratings and Electrical Characteristics @T<sub>A</sub> = 25°C unless otherwise specified

Single phase, half wave, 60Hz, resistive or inductive load.  
For capacitive load, derate current by 20%.

Characteristic	Symbol	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage	V <sub>RRM</sub>	50	100	200	400	600	800	1000	V
Working Peak Reverse Voltage	V <sub>RWM</sub>								
DC Blocking Voltage	V <sub>R</sub>								
RMS Reverse Voltage	V <sub>R(RMS)</sub>	35	70	140	280	420	560	700	V
Average Rectified Output Current (Note 1) @ T <sub>A</sub> = 75°C	I <sub>O</sub>				1.0				A
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current 8.3ms single half sine-wave superimposed on rated load	I <sub>FSM</sub>				30				A
Forward Voltage @ I <sub>F</sub> = 1.0A	V <sub>FM</sub>				1.0				V
Peak Reverse Current @ T <sub>A</sub> = 25°C	I <sub>RM</sub>				5.0				μA
at Rated DC Blocking Voltage @ T <sub>A</sub> = 100°C					50				
Typical Junction Capacitance (Note 2)	C <sub>J</sub>		15				8		pF
Typical Thermal Resistance Junction to Ambient	R <sub>JA</sub>				100				K/W
Maximum DC Blocking Voltage Temperature	T <sub>A</sub>				+150				°C
Operating and Storage Temperature Range	T <sub>A</sub> , T <sub>STG</sub>				-65 to +150				°C

- Notes:
1. Leads maintained at ambient temperature at a distance of 9.5mm from the case.
  2. Measured at 1.0 MHz and applied reverse voltage of 4.0V DC.
  3. EU Directive 2002/95/EC (RoHS). All applicable RoHS exemptions applied, see EU Directive 2002/95/EC Annex Notes.



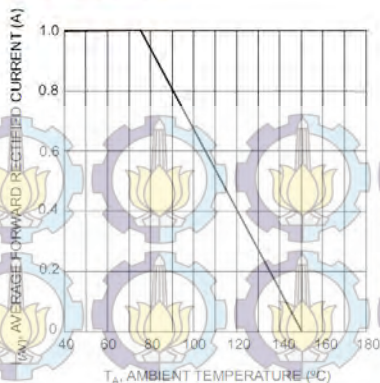


Fig. 1 Forward Current Derating Curve

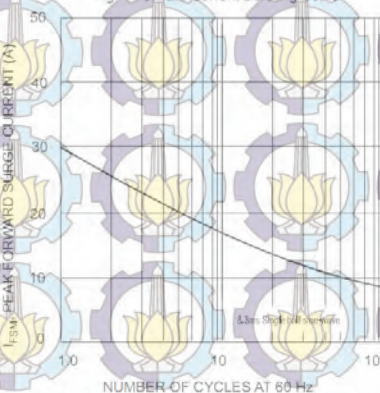


Fig. 3 Max Non-Repetitive Peak Fwd Surge Current

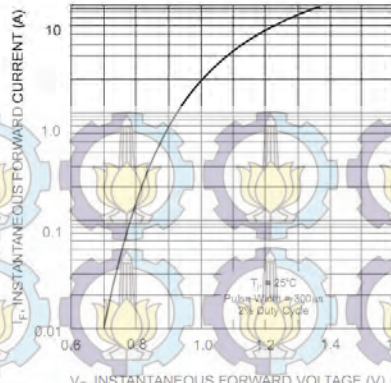


Fig. 2 Typical Forward Characteristics

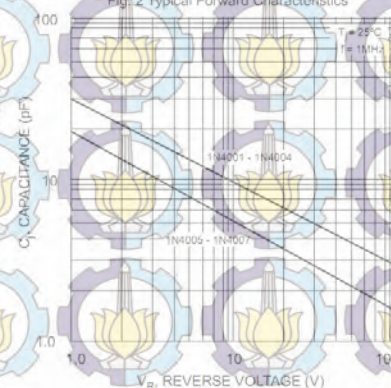


Fig. 4 Typical Junction Capacitance

### Ordering Information (Note 4)

Device	Packaging	Shipping
1N4001-B	DO-41 Plastic	1K/Bulk
1N4001-T	DO-41 Plastic	5K/Tape & Reel, 13-inch
1N4002-B	DO-41 Plastic	1K/Bulk
1N4002-T	DO-41 Plastic	5K/Tape & Reel, 13-inch
1N4003-B	DO-41 Plastic	1K/Bulk
1N4003-T	DO-41 Plastic	5K/Tape & Reel, 13-inch
1N4004-B	DO-41 Plastic	1K/Bulk
1N4004-T	DO-41 Plastic	5K/Tape & Reel, 13-inch
1N4005-B	DO-41 Plastic	1K/Bulk
1N4005-T	DO-41 Plastic	5K/Tape & Reel, 13-inch
1N4006-B	DO-41 Plastic	1K/Bulk
1N4006-T	DO-41 Plastic	5K/Tape & Reel, 13-inch
1N4007-B	DO-41 Plastic	1K/Bulk
1N4007-T	DO-41 Plastic	5K/Tape & Reel, 13-inch

Notes: 4. For packaging details, visit our website at <http://www.diodes.com/datasheets/ap02008.pdf>.



## General-purpose Relay

# MY

### Versatile, Multi-featured, Miniature Power Relay for Sequence Control and Power Switching Applications

- Models with lockable test buttons now available.
- Multiple features available, including operation indicators (mechanical and LED indicators), lockable test button, built-in diode and CR (surge suppression), bifurcated contacts, etc.
- Environment-friendly cadmium-free contacts.
- Wide range of Sockets (PY, PYF Series) and optional parts.
- Max. Switching Current: 2-pole: 10 A, 4-pole: 5 A
- Provided with nameplate.
- RoHS Compliant.



## Ordering Information

### ■ Relays

#### Standard Coil Polarity

Type	Contact form	Model		
		Plug-in socket/solder terminals		
		Standard with LED indicator	With LED indicator and lockable test button	Without LED indicator
Standard	DPDT	MY2N	MY2IN	MY2
	4PDT	MY4N	MY4IN	MY4
	4PDT (bifurcated)	MY4ZN	MY4ZIN	MY4Z
With built-in diode (DC only)	DPDT	MY2N-D2	MY2IN-D2	---
	4PDT	MY4N-D2	MY4IN-D2	---
	4PDT (bifurcated)	MY4ZN-D2	MY4ZIN-D2	---
With built-in CR (220/240 VAC, 110/120 VAC only)	DPDT	MY2N-CR	MY2IN-CR	---
	4PDT	MY4N-CR	MY4IN-CR	---
	4PDT (bifurcated)	MY4ZN-CR	MY4ZIN-CR	---

#### Reverse Coil Polarity

Type	Contact form	Model	
		Plug-in socket/solder terminals	
		With LED indicator	With LED indicator and lockable test button
Standard (DC only)	DPDT	MY2N1	MY2IN1
	4PDT	MY4N1	MY4IN1
	4PDT (bifurcated)	MY4ZN1	MY4ZIN1
With built-in diode (DC only)	DPDT	MY2N1-D2	MY2IN1-D2
	4PDT (bifurcated)	MY4ZN1-D2	MY4ZIN1-D2

**Note:** 1. When ordering, add the rated coil voltage to the model number(s), followed by "(S)". Rated coil voltages are given in the coil ratings table.  
Example: MY2 AC12(S)

Rated coil voltage

2. Arc barrier standard on all four-pole relays.

3. Other models also available, such as, three-pole versions, flangemount, PCB, etc. Contact your Omron Representative for details.

## Specifications

### ■ Coil Ratings

Rated voltage	Rated current		Coil resistance	Inductance (reference value)		Must operate % of rated voltage	Must release	Max. voltage	Power consumption (approx.)
	50 Hz	60 Hz		Arm. OFF	Arm. ON				
AC	6 V*	214/4 mA	183 mΩ	12.2 Ω	0.04 H	0.08 H	80% max.	30% min.	110%
	12 V	106.5 mA	91 mΩ	46 Ω	0.17 H	0.33 H			
	24 V	53.8 mA	46 mΩ	189 Ω	0.69 H	1.30 H			
	48/50 V*	24.7/25.7 mA	21.1/22.0 mΩ	788 Ω	3.22 H	5.66 H			
	110/120 V	9.9/10.8 mA	8.4/9.2 mΩ	4,430 Ω	19.20 H	32.1 H			
DC	220/240 V	4.8/5.3 mA	4.2/4.6 mΩ	18,790 Ω	83.50 H	136.4 H			0.9 to 1.1 VA (60 Hz)
	6 V*	161 mA	39.8 Ω	0.17 H	0.33 H		10% min.		0.9 W
	12 V	75 mA	160 Ω	0.73 H	1.37 H				
	24 V	37.7 mA	636 Ω	3.20 H	5.72 H				
	48 V*	18.8 mA	2,560 Ω	10.60 H	21.0 H				
	100/110 V	9.0/9.9 mA	11,100 Ω	45.60 H	86.2 H				

Note: 1. The rated current and coil resistance are measured at a coil temperature of 23°C with tolerances of +15%/-20% for rated currents and ±15% for DC coil resistance.

2. Performance characteristic data are measured at a coil temperature of 23°C.

3. AC coil resistance and impedance are provided as reference values (at 60 Hz).

4. Power consumption drop was measured for the above data. When driving transistors, check leakage current and connect a bleeder resistor if required.

5. Rated voltage denoted by "\*" will be manufactured upon request. Ask your OMRON representative.

### ■ Contact Ratings

Item	2-pole		4-pole		4-pole (bifurcated)	
	Resistive load (cos φ = 1)	Inductive load (cos φ = 0.4, L/R = 7 ms)	Resistive load (cos φ = 1)	Inductive load (cos φ = 0.4, L/R = 7 ms)	Resistive load (cos φ = 1)	Inductive load (cos φ = 0.4, L/R = 7 ms)
Rated load	5 A, 250 VAC 5 A, 30 VDC	2 A, 250 VAC 2 A, 30 VDC	3 A, 250 VAC 3 A, 30 VDC	0.8 A, 250 VAC 1.5 A, 30 VDC	3 A, 250 VAC 3 A, 30 VDC	0.8 A, 250 VAC 1.5 A, 30 VDC
Carry current	10 A (see note)		5 A (see note)			
Max. switching voltage	250 VAC 125 VDC		250 VAC 125 VDC			
Max. switching current	10 A		5 A			
Max. switching capacity	2,500 VA 300 W	1,250 VA 300 W	1,250 VA 150 W	500 VA 150 W	1,250 VA 150 W	500 VA 150 W
Min. permissible load*	5 VDC, 1 mA		1 VDC, 1 mA		1 VDC, 100 μA	

\* Reference value.

Note: Do not exceed the carry current of a Socket-in use.



## ■ Characteristics

<b>Contact resistance</b>		100 mΩ max.
<b>Operate time</b>		20 ms max.
<b>Release time</b>		20 ms max.
Max. operating frequency	Mechanical	18,000 operations/hr
	Electrical	1,800 operations/hr (under rated load)
<b>Insulation resistance</b>		1,000 MΩ min. (at 500 VDC)
<b>Dielectric withstand voltage</b>		2,000 VAC, 50/60 Hz for 1.0 min (1,000 VAC between contacts of same polarity)
<b>Vibration resistance</b>		Destruction: 10 to 55 Hz, 1.0 mm double amplitude Malfunction: 10 to 55 Hz, 1.0 mm double amplitude
<b>Shock resistance</b>		Destruction: 1,000 m/s <sup>2</sup> (approx. 100G) Malfunction: 200 m/s <sup>2</sup> (approx. 20G)
<b>Life expectancy</b>		See the following table.
<b>Ambient temperature</b>	<b>Operating</b>	-55°C to 70°C (-67°F to 158°F) with no icing (see note)
<b>Ambient humidity</b>	<b>Operating</b>	5% to 85% RH
<b>Weight</b>		Approx. 35 g

Note: The values given above are initial values.

## ■ Life Expectancy Characteristics

Pole	Mechanical life (at 18,000 operations/hr)	Electrical life (at 1,800 operations/hr under rated load)
2-pole	AC: 50,000,000 operations min. DC: 100,000,000 operations min.	500,000 operations min.
4-pole	DC: 100,000,000 operations min.	200,000 operations min.
4-pole (bifurcated)	20,000,000 operations min.	100,000 operations min.

## ■ Approved Standards

VDE, UL, CSA, IMQ, CE

## ■ Precautions

### Connections

Do not reverse polarity when connecting DC-operated Relays with built-in diodes or indicators or high-sensitivity DC-operated Relays.

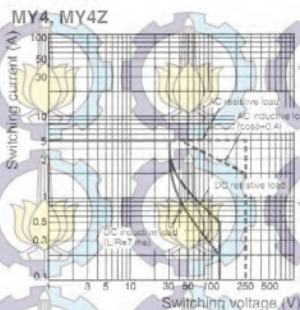
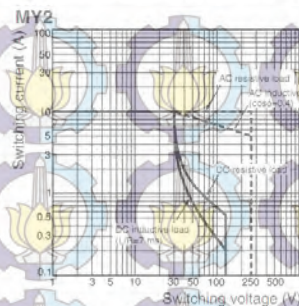
### Mounting

Whenever possible, mount Relays so that it is not subject to vibration or shock in the same direction as that of contact movement.



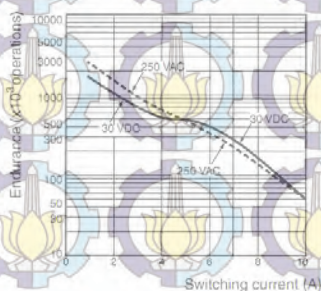
## Engineering Data

## ■ Maximum Switching Power

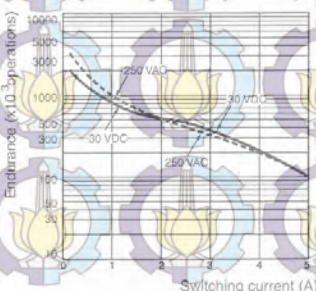


## ■ Endurance

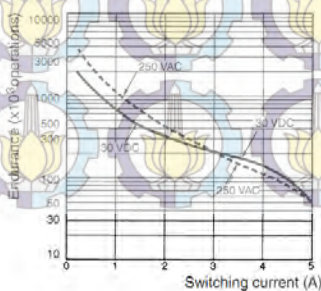
MY2 (Resistive Loads)



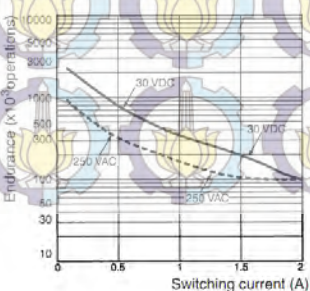
MY2 (Inductive Loads)



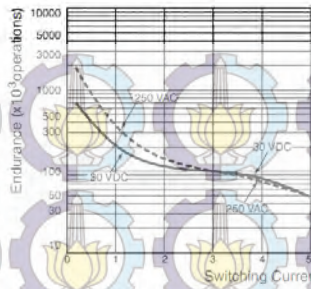
MY4 (Resistive Loads)



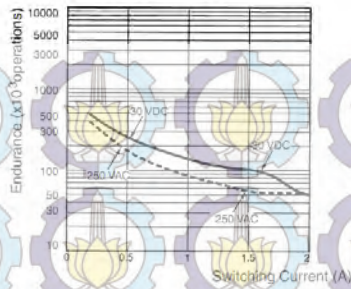
MY4 (Inductive Loads)



MY4Z (Resistive Loads)



MY4Z (Inductive Loads)



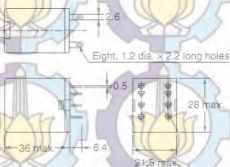
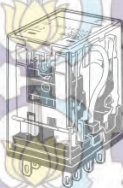


## Dimensions

Note: All units are in millimeters unless otherwise indicated.

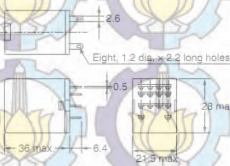
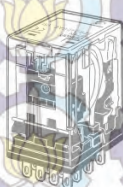
### ■ 2-Pole Models

MY2N



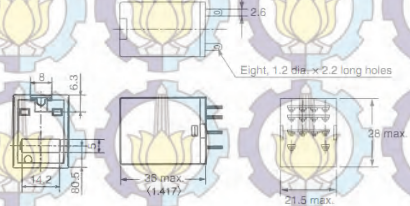
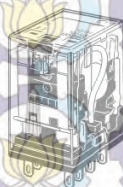
### ■ 4-Pole Models

MY4N

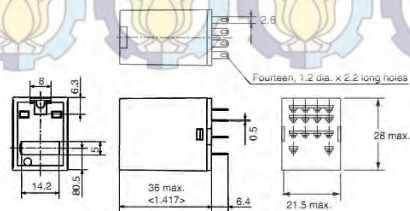
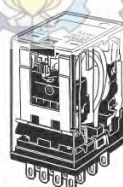


### ■ Models with Test Button

MY2IN

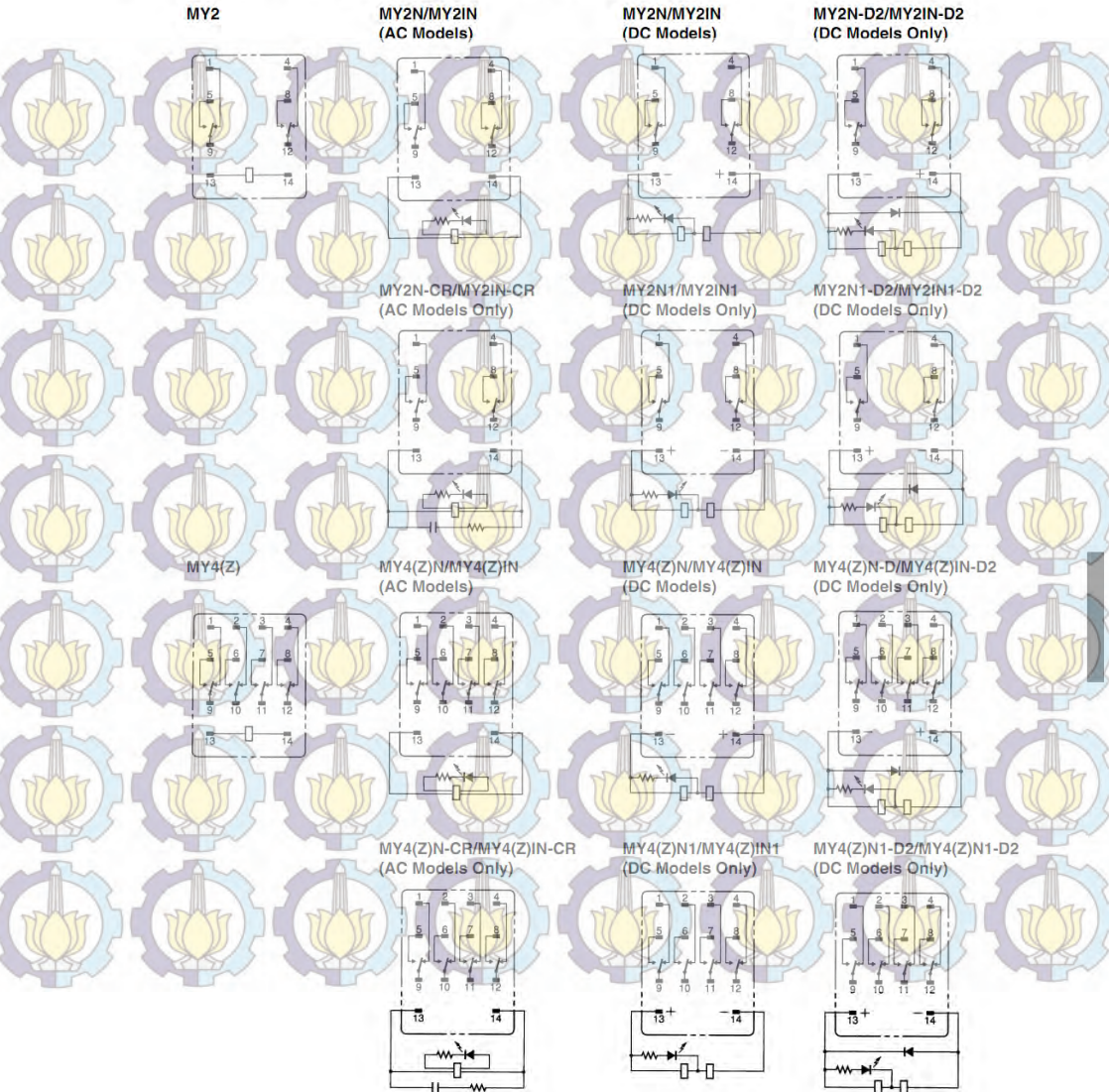


MY4IN





# ■ Terminal Arrangement/Internal Connections (Bottom View)



## Accessories (order separately)

### ■ Track-mounted Screwless Clamp Terminal Sockets

Item	Model	
Socket	4-pole	2-pole
Clip & release lever	PYF14S	PYF08S
Nameplate	PYCM-14S	PYCM-08S
	R89-11 Nameplate for MY	
Socket bridge	PYDM-14SR	PYDM-14SB
	PYDM-08SR	PYDM-08SB

Note: For complete specifications, see the datasheet at Omron's Knowledge Center on our website: [www.knowledge.omron.com](http://www.knowledge.omron.com).

### ■ Sockets

Poles	Front-connecting socket (DIN-track/screw mounting)	Back-connecting socket		PCB terminals
		Solder terminals		
		Without clip	With clip	
2	PYF08A-E	PY08	PY08-Y1	PY08-02
	PYF08A-N			
4	PYF14A-E	PY14	PY14-Y1	PY14-02
	PYF14A-N			

### ■ Socket Specifications

Item	Pole	Model	Carry current	Dielectric withstand voltage	Insulation resistance (see note 2)
Screwless clamp terminal socket	2	PYF08S	10 A	2,000 VAC, 1 min	Less than 1,000 MΩ
	4	PYF14S	5 A		
Track-mounted socket	2	PYF08A-E	7 A	2,000 VAC, 1 min	1,000 MΩ min.
		PYF08A-N (see note 3)	7 A (see note 4)		
	4	PYF14A-E	5 A		
		PYF14A-N (see note 3)	5 A (see note 4)		
Back-connecting socket	2	PY08(-Y1)	7 A	1,500 VAC, 1 min	100 MΩ min.
		PY08-02			
	4	PY14(-Y1)	3 A		
		PY14-02			

Note: 1. The values given above are initial values.

2. The values for insulation resistance were measured at 500 V at the same place as the dielectric strength.

3. The maximum operating ambient temperature for the PYF08A-N and PYF14A-N is 55°C.

4. When using the PYF08A-N or PYF14A-N at an operating ambient temperature exceeding 40°C, reduce the current to 60%.

5. The MY2(S) can be used at 70°C with a carry current of 7 A.

### ■ Socket Hold-down Clip Pairing

Relay type	Poles	Front-connecting socket (DIN-track/screw mounting)		Back-connecting socket		PCB terminals	
		Socket	Clip	Socket	Clip	Socket	Clip
Without 2-pole test button	2	PYF08A-E	PYC-A1	PY08	PYC-P	PY08-02	PYC-P
		PYF08A-N			PYC-P2		PYC-P2
Without 2-pole test button	4	PYF14A-E	PYC-A1	PY14	PYC-P	PY14-02	PYC-P
		PYF14A-N			PYC-P2		PYC-P2
2-pole test button	2	PYF08A-E	PYC-E1	PY08	PYC-P2	PY08-02	PYC-P2
		PYF08A-N					



## ■ Mounting Plates for Sockets

Socket model	For 1 socket	For 18 sockets	For 36 sockets
PY08, PY14	PYP-1	PYP-18	PYP-36

Note: PYP-18 and PYP-36 can be cut into any desired length in accordance with the number of Sockets.


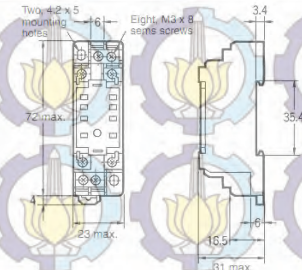

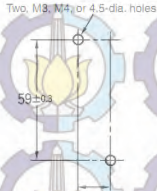

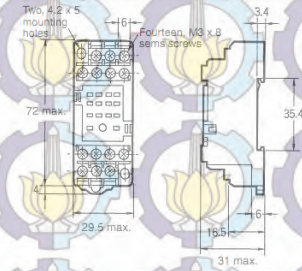

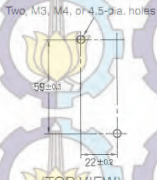

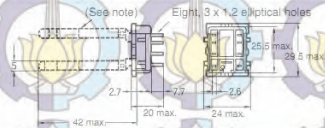

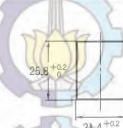

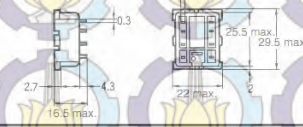
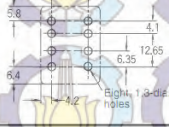
## ■ DIN Rail Track and Accessories


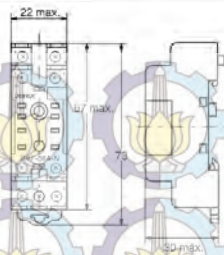

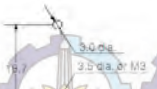
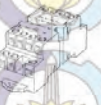
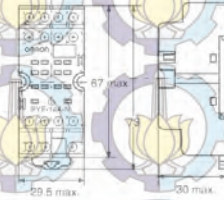



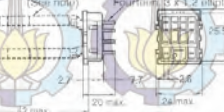




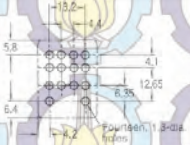
Description	Model
Mounting rail (length = 500 mm)	PFP-50N
Mounting rail (length = 1,000 mm)	PFP-100N, PFP-100N2
End Plate	PFP-M
Spacer	PFP-S



## ■ Dimensions

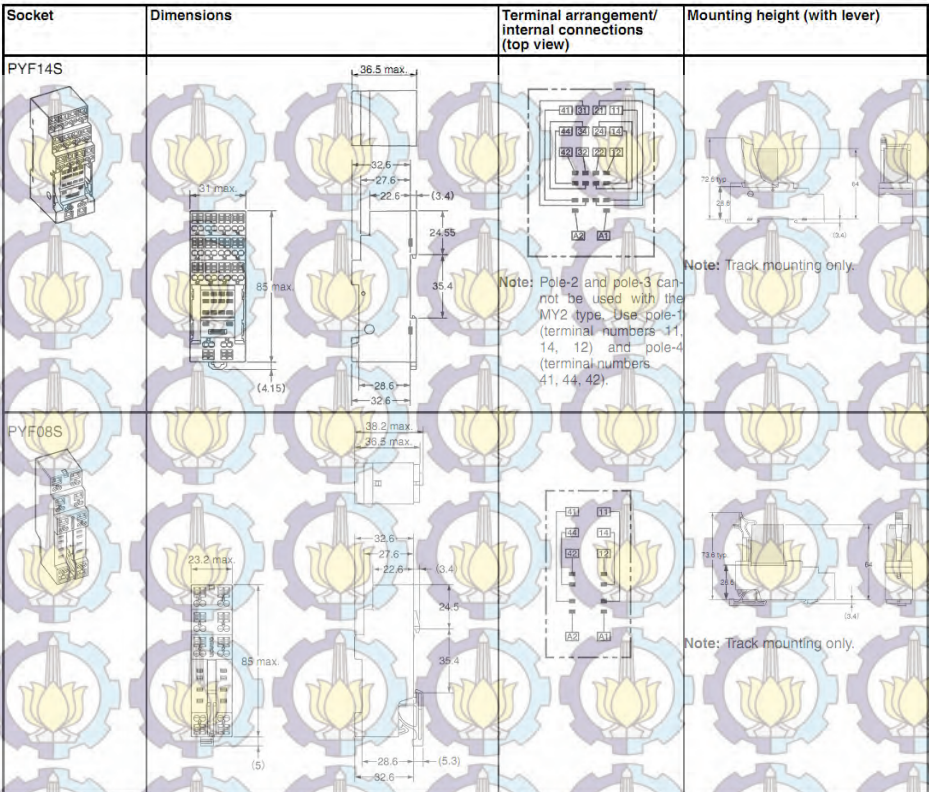
Unit: mm (inch)

Socket	Dimensions	Terminal arrangement/ internal connections (top view)	Mounting holes
 PYF08A-E	 Two 4.2 x 5 mounting holes Eight M3 x 8 semi screws 3.4 35.4 7.2 max. 23 max. 16.5 6 31 max.		 Two M3, M4, or 4.5-dia. holes 59±0.3 15±0.2 (TOP VIEW) Note: Track mounting is also possible. Refer to page 12 for supporting tracks.
 PYF14A-E	 Two 4.2 x 5 mounting holes Fourteen M3 x 8 semi screws 3.4 35.4 7.2 max. 29.5 max. 16.5 6 31 max.		 Two M3, M4, or 4.5-dia. holes 59±0.3 22±0.2 (TOP VIEW) Note: Track mounting is also possible. Refer to page 12 for supporting tracks.
 PY08/PY08-Y1	 (See note) Eight 3 x 1.2 elliptical holes 25.5 max. 29.8 max. 2.7 7.7 2.6 2.5 max. 20 max. 42 max.		 25.8±0.3 21.4±0.2
 PY08-02	 1.0 25.5 max. 29.5 max. 2.7 4.3 16.6 max. 2.2 max.		 5.8 13.2 4.1 6.35 12.65 6.4 4.2 Eight 1.3-dia. holes

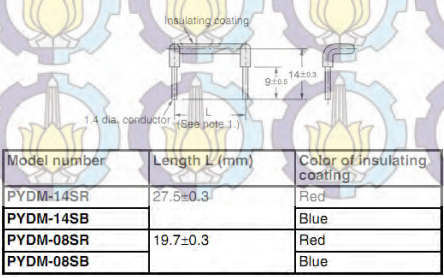
Socket	Dimensions	Terminal arrangement/ internal connections (top view)	Mounting holes
			 <p>Note: Track mounting is also possible. Refer to page 12 for supporting tracks.</p>
			 <p>Note: Track mounting is also possible. Refer to page 12 for supporting tracks.</p>
	<p>(See note)</p>  <p>Fourteen 3 x 4.2 elliptical holes</p> <p>Note: The PY14-Y1 includes sections indicated by dotted line.</p>		
			 <p>Fourteen 1.3-dia. holes</p>

Note: Use a panel with plate thickness of 4 to 2 mm for mounting the Sockets.





Socket Bridge



**Note:** 1. The relationship between the model number, the length L, and the color of the insulating coating is shown above.

2. The insulating coating must be able to withstand a voltage of 1,500 V for 1 minute. Use either PE or PA as the material of the insulating coating.

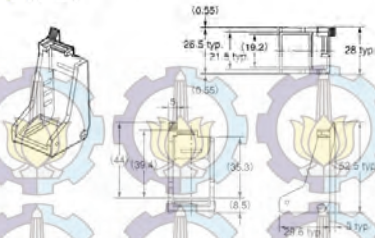
Item	Characteristic
Rated ON current	10 A
Rated insulation voltage	250 VAC
Temperature rise	35°C max.
Dielectric strength	1,500 VAC for 1 minute
Ambient operating temperature	-55 to 70°C

3. The positions of the ends of the insulating coating must not vary more than 0.5 mm.
4. The characteristics of the socket bridge are shown above.

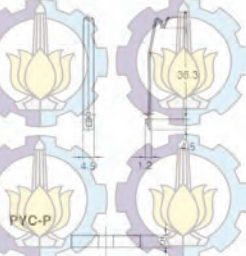


# ■ Clip and Release Levers

PYCM-14S



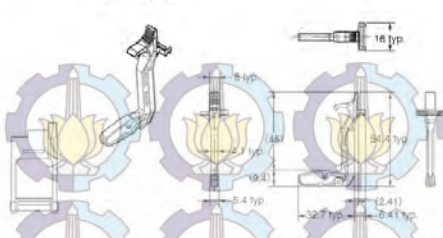
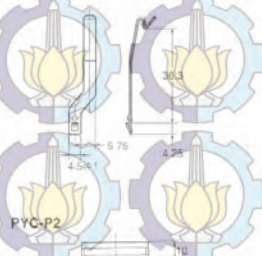
## ■ Hold-down Clips

PYC-A1  
(2 pcs per set)

PYC-P



PYCM-08S

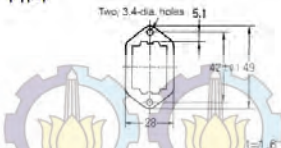
PYC-E1  
(2 pcs per set)

PYC-P2

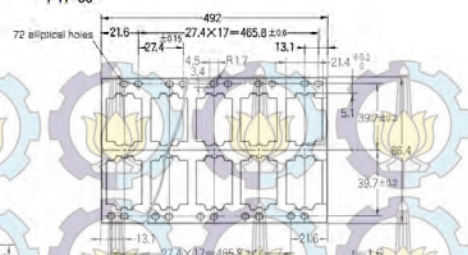


## ■ Mounting Plates for Back-connecting Sockets

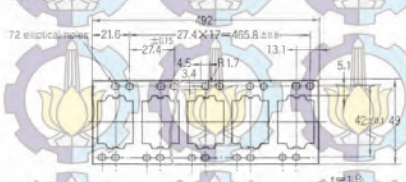
PYP-1



PYP-36



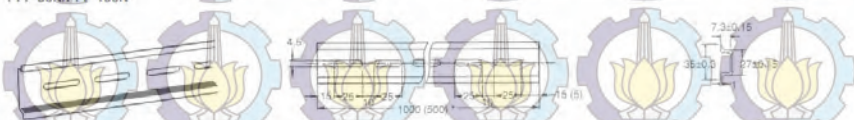
PYP-18



## ■ Mounting Track and Accessories

### DIN Rail Track

PFP-50N/PFP-100N



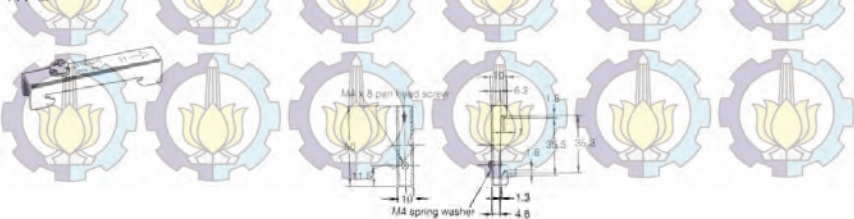
Note: The figure in the parentheses is for PFP-50N.

PFP-100N2



### End Plate

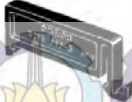
PFP-M





**Spacer**

PFP-S

**■ Approved Standards****VDE Recognitions (File No. 112467UG, IEC 255, VDE 0435)**

No. of poles	Coil ratings	Contact ratings	Operations
2	6, 12, 24, 48/50, 100/110 110/120, 200/220	10 A, 250 VAC (cosφ=1) 10 A, 30 VDC (L/R=0 ms)	10 x 10 <sup>3</sup>
4	220/240 VAC 6, 12, 24, 48, 100/110, 125 VDC	5 A, 250 VAC (cosφ=1) 5 A, 30 VDC (L/R=0 ms)	100 x 10 <sup>3</sup> MY4Z AC; 50 x 10 <sup>3</sup>

**UL Recognized (File No. 41515)**

No. of poles	Coil ratings	Contact ratings	Operations
2	6 to 240 VAC 6 to 125 VDC	10 A, 30 VDC (general purpose), 40°C 10 A, 250 VAC (general purpose), 40°C	5 x 10 <sup>4</sup>
4		5 A, 30 VDC (general purpose), 40°C (Same polarity) 5 A, 250 VAC (general purpose), 40°C (Same polarity)	

**CSA Certified (File No. LR31928)**

No. of poles	Coil ratings	Contact ratings	Operations
2	6 to 240 VAC 6 to 125 VDC	10 A, 30 VDC 10 A, 250 VAC	5 x 10 <sup>3</sup>
4		5 A, 250 VAC (same polarity) 5 A, 30 VDC (same polarity)	

**IMQ (File No. EN013 to 016)**

No. of poles	Coil ratings	Contact ratings	Operations
2	6, 12, 24, 48/50, 100/110 110/120, 200/220	10 A, 30 VDC 10 A, 250 VAC	10 x 10 <sup>3</sup>
4	220/240 VAC 6, 12, 24, 48, 100/110, 125 VDC	5 A, 250 VAC 5 A, 30 VDC	100 x 10 <sup>3</sup> MY4Z AC; 50 x 10 <sup>3</sup>

**LR Recognitions (File No. 98/10014)**

No. of poles	Coil ratings	Contact ratings	Operations
2	6 to 240 VAC 6 to 125 VDC	10 A, 250 VAC (resistive) 2 A, 250 VAC (PF0.4) 10 A, 30 VDC (resistive) 2 A, 30 VDC (L/R=7 ms)	50 x 10 <sup>3</sup>
4		5 A, 250 VAC (resistive) 0.8 A, 250 VAC (PF0.4) 5 A, 30 VDC (resistive) 1.5 A, 30 VDC (L/R=7 ms)	50 x 10 <sup>3</sup>



SEV Listings (File No. 99.5 50902.01)

No. of poles	Coil ratings	Contact ratings	Operations
2	6 to 240 VAC 6 to 125 VDC	10 A, 250 VAC 10 A, 30 VDC	10 x 10 <sup>3</sup>
4		5 A, 250 VAC 5 A, 30 VDC	100 x 10 <sup>3</sup> MY4Z AC: 50 x 10 <sup>3</sup>

Notes: 1. The rated values approved by each of the safety standards (e.g., UL, CSA, VDE, and SEV) may be different from the performance characteristics individually defined in this catalog.  
2. In the interest of product improvement, specifications are subject to change.



Tech Support: [services@elecfreaks.com](mailto:services@elecfreaks.com)

## Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

### Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10ms high level signal.
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) If the signal back, through high level, time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

Test distance = (high level time × velocity of sound (340M/S) / 2,

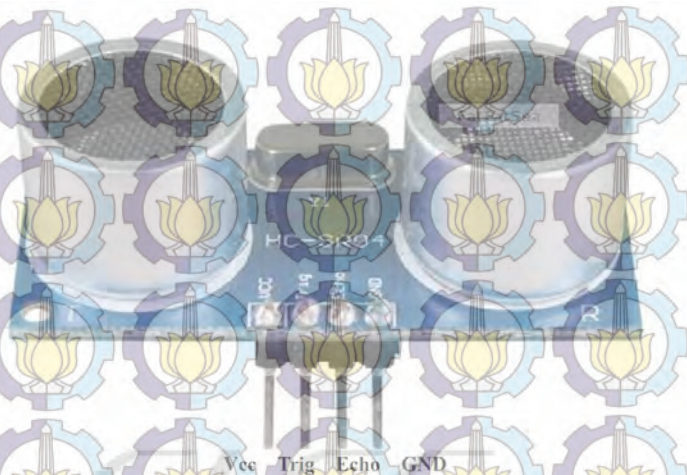
### Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

### Electric Parameter

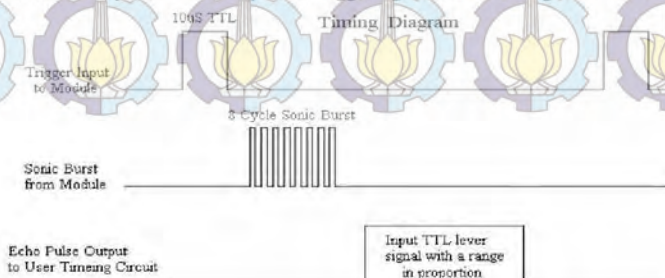
Working Voltage	DC 5V
Working Current	15mA
Working Frequency	40kHz
Max Range	4m
Min Range	2cm
Measuring Angle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL, lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm





### Timing diagram

The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10 $\mu$ S pulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion. You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula:  $\mu\text{S} / 58 = \text{centimeters}$  or  $\mu\text{S} / 148 = \text{inch}$ ; or: the range = high level time \* velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.



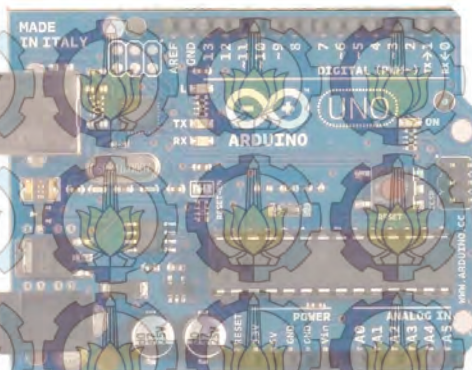


**Attention:**

- The module is not suggested to connect directly to electric, if connected electric, the GND terminal should be connected the module first, otherwise, it will affect the normal work of the module.
- When tested objects, the range of area is not less than 0.5 square meters and the plane requests as smooth as possible, otherwise, it will affect the results of measuring.

[www.ElecFreaks.com](http://www.ElecFreaks.com)

# Arduino UNO



## Product Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328P ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the ATmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards; and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

## Index

Technical  
Specifications

Page 2

How to use Arduino  
Programming Environment, Basic Tutorials

Page 6

Terms &  
Conditions

Page 7

Environmental Policies  
half sqm of green via Impatto Zero®

Page 7



radiospares

RADIONICS





# Technical Specification

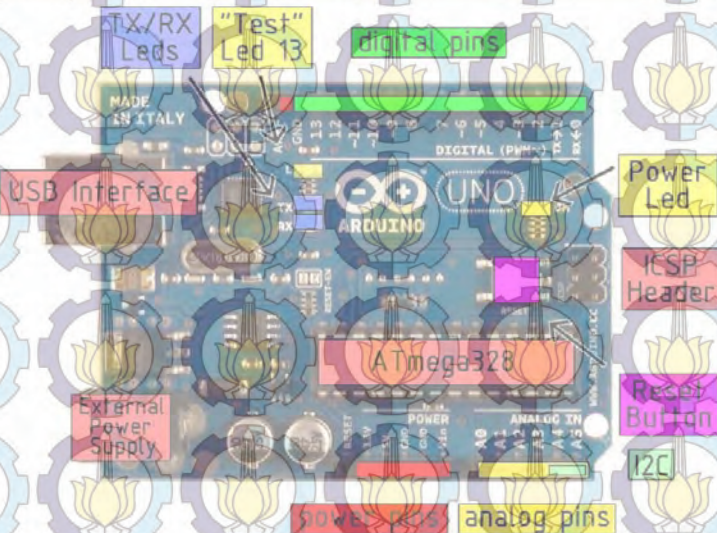


EAGLE files: [arduino-duemilanove-uno-design.zip](#) Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

## Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

## the board



**radiospares**

**RADIONICS**





## Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

## Memory

The Atmega328 has 32 KB of flash memory for storing code (of which 0.5 KB is used for the bootloader); It has also 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

## Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **I<sup>2</sup>C: 4 (SDA) and 5 (SCL).** Support I<sup>2</sup>C (TWI) communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and Atmega328 ports](#).

## Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega8U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '8U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, on Windows, an ".inf" file is required.

The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Uno's digital pins.

The ATmega328 also support I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega328 datasheet.

## Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno w/ ATmega328" from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega8U2 firmware source code is available. The ATmega8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2. You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader).



## Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Uno is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Uno. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

## USB Overcurrent Protection

The Arduino Uno has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

## Physical Characteristics

The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.





# How to use Arduino



Arduino can sense the environment by receiving input from a variety of sensors and can affect its surroundings by controlling lights, motors, and other actuators. The microcontroller on the board is programmed using the [Arduino programming language](#) (based on [Wiring](#)) and the Arduino development environment (based on [Processing](#)). Arduino projects can be stand-alone or they can communicate with software on running on a computer (e.g. Flash, Processing, MaxMSP).

Arduino is a cross-platform program. You'll have to follow different instructions for your personal OS. Check on the [Arduino site](#) for the latest instructions. <http://arduino.cc/en/Guide/HomePage>

## Linux Install

## Windows Install

## Mac Install

Once you have downloaded/unzipped the arduino IDE, you can Plug the Arduino to your PC via USB cable.

### Blink led

Now you're actually ready to "burn" your first program on the arduino board. To select "blink led", the physical translation of the well known programming "hello world", select

**File>Sketchbook>  
Arduino-0017>Examples>  
Digital>Blink**

Once you have your skeeth you'll see something very close to the screenshot on the right.

In **Tools>Board** select

Now you have to go to **Tools>SerialPort** and select the right serial port, the one arduino is attached to.

```

// Blink sketch (v001)
// The sketch defines one mode when the sketch starts
// void setup() {
//   // initialize the digital pin as an output:
//   pinMode(ledPin, OUTPUT);
// }
// void loop() {
//   // set the LED on
//   digitalWrite(ledPin, HIGH);
//   delay(1000);
//   // set the LED off
//   digitalWrite(ledPin, LOW);
//   delay(1000);
// }

```



Done compiling



Upload



TX RX Flashing



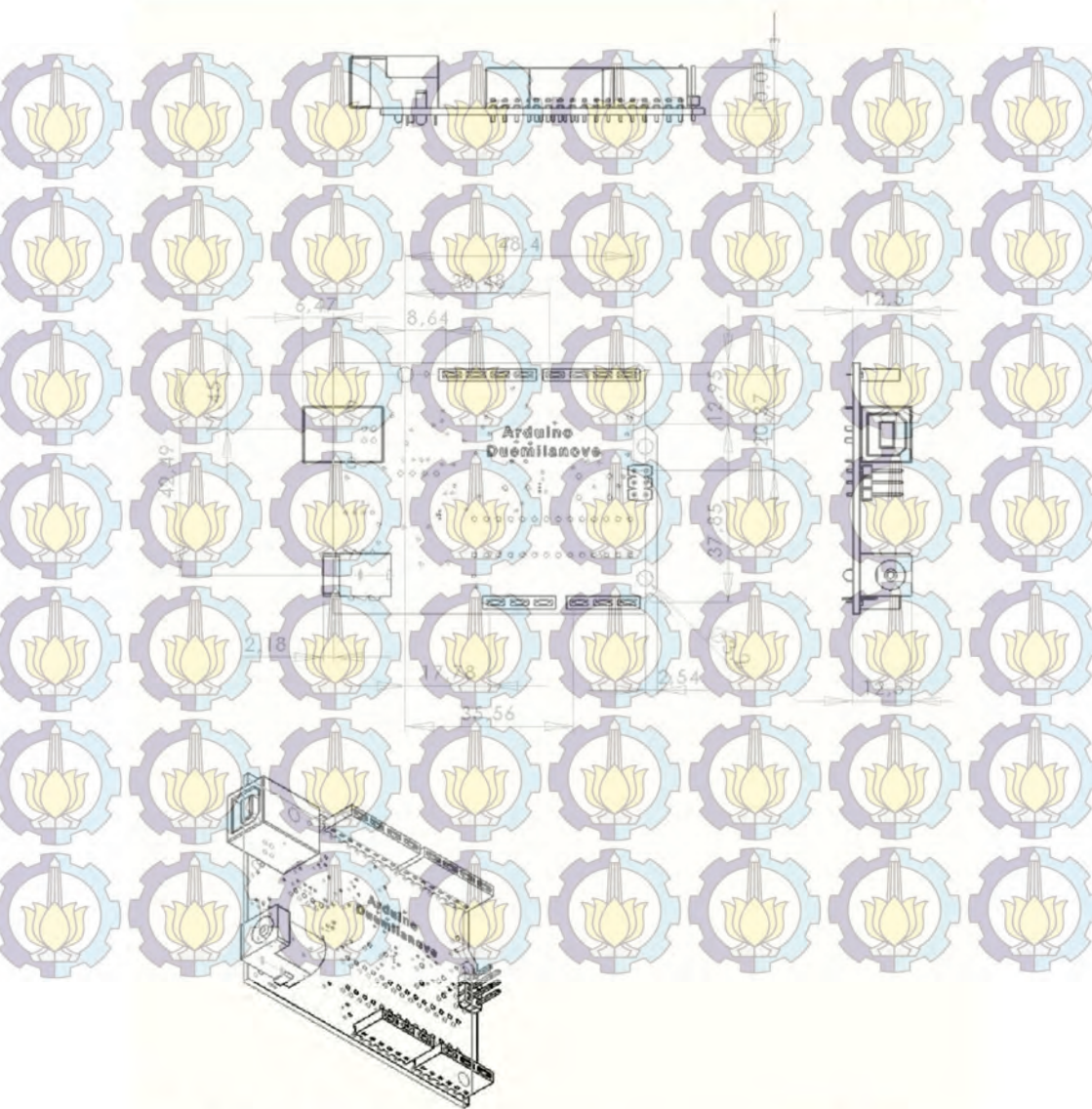
Blinking Led!



radiospares

RADIONICS







# Terms & Conditions



## 1. Warranties

1.1 The producer warrants that its products will conform to the Specifications. This warranty lasts for one (1) years from the date of the sale. The producer shall not be liable for any defects that are caused by neglect, misuse or misinterpretation by the Customer, including improper installation or testing, or for any products that have been altered or modified in any way by a Customer. Moreover, The producer shall not be liable for any defects that result from Customer's design, specifications or instructions for such products. Testing and other quality control techniques are used to the extent the producer deems necessary.

1.2 If any products fail to conform to the warranty set forth above, the producer's sole liability shall be to replace such products. The producer's liability shall be limited to products that are determined by the producer not to conform to such warranty. If the producer elects to replace such products, the producer shall have a reasonable time to replacements. Replaced products shall be warranted for a new full warranty period.

1.3 EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, PRODUCTS ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." THE PRODUCER DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.

1.4 Customer agrees that prior to using any systems that include the producer products, Customer will test such systems and the functionality of the products as used in such systems. This producer may provide technical, applications or design advice, quality characterization, reliability data or other services. Customer acknowledges and agrees that providing these services shall not expand or otherwise alter the producer's warranties as set forth above, and no additional obligations or liabilities shall arise from the producer providing such services.

1.5 The Arduino™ products are not authorized for use in safety-critical applications where a failure of the product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death. Safety-Critical Applications include, without limitation, life support devices and systems, equipment or systems for the operation of nuclear facilities and weapons systems. Arduino™ products are neither designed nor intended for use in military or aerospace applications or environments and for automotive applications or environment. Customer acknowledges and agrees that any such use of Arduino™ products which he solely, at the Customer's risk, and that Customer is solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

1.6 Customer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products, and any use of Arduino™ products in Customer's applications, notwithstanding any application-related information or support that may be provided by the producer.

## 2. Indemnification

The Customer acknowledges and agrees to defend, indemnify and hold harmless the producer from and against any and all third-party losses, damages, liabilities and expenses it incurs to the extent directly caused by: (i) an actual breach by a Customer of the representation and warranties made under this terms and conditions or (ii) the gross negligence or willful misconduct by the Customer.

## 3. Consequential Damages Waiver

In no event the producer shall be liable to the Customer or any third parties for any special, collateral, indirect, punitive, incidental, consequential or exemplary damages in connection with or arising out of the products provided hereunder, regardless of whether the producer has been advised of the possibility of such damages. This section will survive the termination of the warranty period.

## 4. Changes to specifications

The producer may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined." The producer reserves these features definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information.

## Environmental Policies



The producer of Arduino™ has joined the Impatto Zero® policy of LifeGate.it. For each Arduino board produced is created / looked after half squared Km of Costa Rica's forest's.



**radiospares**

**RADIONICS**





## BIODATA PENULIS



**MUHAMMAD KHAMIM ASY'ARI** atau biasa akrab dipanggil Khamim, lahir di Jombang 07 November 1993. Mahasiswa Jurusan Teknik Fisika Prodi D3 Metrologi dan Instrumentasi Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Anak pertama dari 2 bersaudara. Selama menjadi mahasiswa, ia aktif dalam berorganisasi dan diamanahi menjadi staff biro akademik departemen keprofesian, pendidikan, dan kesejahteraan mahasiswa, Himpunan Mahasiswa Teknik Fisika (2012-2013), menjadi wakil kepala departemen kesejahteraan mahasiswa Himpunan Mahasiswa Teknik Fisika (2013-2014), serta menjadi anggota Idjo Creative Crew (ICC) Teknik Fisika (2012-2014). Selain aktif dalam berorganisasi ia juga aktif sebagai anggota Laboratorium Rekayasa Bahan Teknik Fisika (2013-2014). Saat ini ia berdomisili di Perumahan Pondok Indah Tunggorono blok J-20, Jombang. Apabila ada pertanyaan mengenai Tugas Akhir penulis dapat menghubungi email [muhammadasyari.ep.its@gmail.com](mailto:muhammadasyari.ep.its@gmail.com).